Otak dan Medulla Spinalis

12

Sistem Saraf Pusat – Padat dan Terbentang Bebas

Umumnya, istilah "pusat" merujuk kepada bagian-bagian sistem saraf, yakni otak (Encephalon) dan batang otak (Medulla spinalis), yang terletak di dalam Cavitas cranii dan Canalis vertebralis. Lokasi tempat masuk dan keluarnya 12 Nn. craniales dan 31 Nn. spinales ke dan dari SSP menandai batas antara sistem saraf pusat (SSP) dan sistem saraf tepi (SST). Di distal dari batas ini di SST, serabut saraf diselubungi oleh lapisan insulator yang dibentuk oleh sel SCHWANN; di SSP, lapisan insulator ini dibentuk oleh oligodendrosit.

Mater

Tiga membran, dikenal sebagai meninges, menyelimuti seluruh Encephalon dan Medulla spinalis. Tepat di bawah membran terluar yang keras dan seperti kertas perkamen, yakni Dura mater ("ibu yang tangguh"), terdapat membran yang lebih lunak, yakni Arachnoidea mater ("ibu yang menyerupai laba-laba"); dari membran inilah keluar serabut halus seperti jaring laba-laba menuju permukaan SSP. Ruang sempit di antara Arachnoidea mater dan Pia mater – yakni Spatium subarachnoideum – terisi oleh Liquor cerebrospinalis (LCS), dan di dalamnya SSP mengambang. Tepat di permukaan SSP terdapat Pia mater ("ibu yang lembut") yang sangat halus, yang berperan sebagai tempat melekatnya serabut Arachnoid mater.

Otak ...

Cranium merupakan satu ruang yang begitu sesak: otak (Encephalon) mengisi hampir seluruh Cavitas cranii, hanya di beberapa area saja (khususnya di area Foramen occipitalis, Foramen magnum), Spatium subarachnoideum terbentang hingga beberapa milimeter. Otak orang dewasa memiliki bobot sekitar 1300 gram. Di laboratorium diseksi – yakni dalam keadaan terfiksasi – Encephalon memiliki konsistensi seperti karet. Dalam keadaan alami dan tidak terfiksasi, konsistensinya lebih menyerupai puding lunak. Konsistensi ini timbul karena kandungan kelembabannya yang tinggi: otak tersusun atas 85% air, sementara bagian tubuh lainnya hanya mengandung 65% air.

Otak embrio tersusun atas lima bagian dan terdiri atas lima kista kosong yang tersusun secara berurutan. Pada otak orang dewasa, hanya tiga bagian yang masih dikenali. Bagian dalam otak adalah kosong. Rongga bagian dalam dinamakan Ventriculi dan berisi Liquor cerebrospinalis. Bagian terbesar dari ketiga bagian Encephalon dinamakan **Cerebrum**, yang mengambil tempat hampir di seluruh bagian dalam Cranium, kecuali area di atas Foramen magnum. Cerebrum terdiri atas Hemispherium kiri dan kanan. Permukaan kedua Hemispherium ini diperluas oleh Gyri yang kasar dan dinamakan Cortex cerebri. Sama seperti Cerebrum, **Cerebellum** terdiri atas dua Hemispherium dan terletak di Regio "postero-inferior" Cranium, di atas dan bilateral terhadap Foramen magnum. Permukaannya juga mengandung lipatan-lipatan yang lebih halus dan teratur. Lipatan-lipatan yang mirip daun ini dinamakan Folia cerebelli, meliputi Cortex cerebelli. **Truncus encephali (batang otak)** yang tidak memiliki pasangan memiliki ketebalan seperti ibu jari tangan, terletak di Basis cranii dan memanjang melalui Foramen magnum ke dalam Medulla spinalis. Pedunculi menghubungkan Truncus encephali dengan Cerebrum dan Cerebellum. Sepuluh dari dua belas Nervi craniales keluar dari Truncus encephali. Berbeda dengan Cerebrum dan Cerebellum, permukaan Truncus encephali berwarna putih karena struktur ini tersusun atas serabut saraf (Substantia alba), sementara korteks kelabu terutama tersusun atas badan sel (Substantia grisea).

... dan Medulla Spinalis

Medulla spinalis memiliki permukaan berwarna putih dan terdapat di dalam Canalis vertebralis yang luas. Medulla spinalis memiliki ketebalan seperti pensil; akan tetapi, diameter di dalam Canalis vertebralis hampir mencapai lebar sebuah ibu jari tangan. Di tempat yang lebih kaudal menuju Os sacrum, Canalis vertebralis menjadi lebih sempit; di daerah bawah ini, Canalis vertebralis tidak berisi Medulla spinalis tetapi berisi Radices nervi lumbales et nervi sacrales nervi spinales, tiap Radix keluar dari Canalis vertebralis "lebih rendah" melalui masing-masing Foramina intervertebralianya. Spatium subarachnoideum di tempat ini relatif lebar, dan suatu ruang yang berisi jaringan adiposa dan vena yang begitu banyak di antara Dura mater dan dinding tulang Canalis vertebralis. Dura mater spinalis meluas ke bawah menuju Os coccygis. Akan tetapi, ujung kaudal Medulla spinalis berakhir di tingkat Vertebra lumbalis II.

Diameter Medulla spinalis beragam. Dibandingkan dengan segmen-segmen yang mempersarafi bagian badan yang kurang berotot, Pars cervicalis medulla spinalis lebih tebal di tempat terletaknya neuron-neuron motorik yang berperan mempersarafi otot-otot lengan. Bagian kaudal Medulla spinalis yang mempersarafi ekstremitas bawah sekali lagi menunjukkan pembesaran diameter. Kedua area pembesaran ini masing-masing dinamakan Intumescentia cervicalis dan Intumescentia lumbosacralis.

Fila radicularia pada Radix sensoria (posterior) nervi spinales memasuki Medulla spinalis di kedua sisinya di sepanjang dua garis longitudinal pada permukaan dorsal. Di permukaan ventralnya, Fila radicularia dari Radix motoria (anterior) keluar dengan cara yang serupa. Lima hingga sepuluh Fila radicularia berkumpul menjadi satu berkas dan membentuk Radix posterior dan Radix anterior; di Foramina intervertebralia, Radix anterior dan Radix posterior bersatu membentuk Nervus spinalis, yang kemudian berjalan melintasi Foramina intervertebralia dan keluar dari Columna vertebralis dan kantong dura.

Perlu diingat!

"Awas!" ini berlaku bagi SSP dan khususnya Encephalon. Rangkuman di atas berkisah tentang permukaan organ ini dan – dengan hati-hati – memberi gambaran superfisial. Secara internal, tidak ada organ lain yang serumit Encephalon: Bila Anda telah melihat dan memahami satu bagian kecil dari Hepar, Anda sudah menguasai pemahaman tentang keseluruhan Hepar. Akan tetapi, bila Anda telah melihat satu bagian Encephalon, Anda tidak bisa mengambil kesimpulan tentang bagian lain, karena tidak ada dua sel yang sama persis (meski sel-sel ini bisa dikelompokkan). Hanya melalui pendekatan sinoptik, meliputi anatomi, fisiologi, dan psikologi/psikiatri, yang memungkinkan Anda untuk memahami kerumitan Encephalon. Perlu dicatat pula bahwa hubungan antara otak dan produknya, yakni pikiran, masih merupakan suatu misteri. Misteri ini beserta kerumitan otak sering kali dipergunakan sebagai alasan untuk memuaskan diri dalam berbicara tentang keagungan otak, "keajaiban" otak, menyatukan manusia dan otak, serta menekankan keunikan dengan mengatakan: "Lihat, inilah dan hanya inilah KAMU!"
Terkadang, menciptakan satu jarak sarkastik antara "organ ajaib" ini dengan pikiran sendiri cukup membantu. Contoh, kata-kata (meski sedikit diubah) ahli fisiologi Carl Vogt (1817-1895), seorang pengkritik hebat: "Otak memperlakukan pikiran seperti halnya hati terhadap empedu dan ginjal terhadap air seni: otak mengeluarkan produknya".

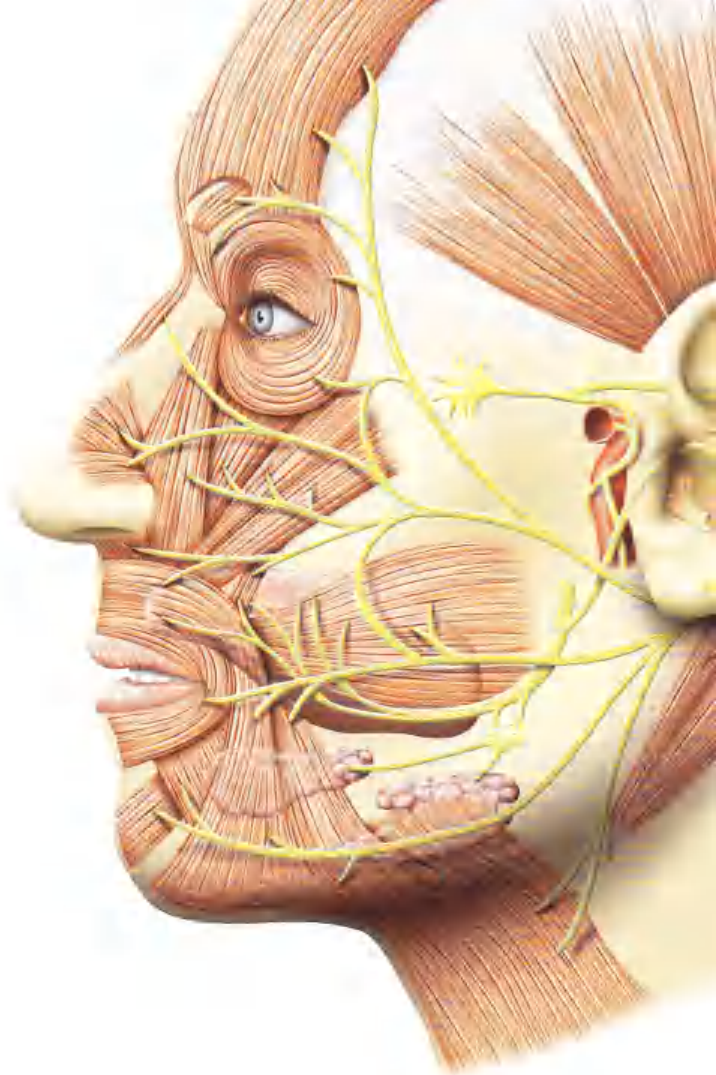
Catatan Klinis

Sebagai penyebab 15% kematian, **stroke** merupakan penyebab kematian tersering ketiga di negara-negara industri di Barat, hanya dikalahkan oleh infark miokard (IM) dan tumor ganas sebagai penyebab kematian tersering pertama dan kedua. Stroke iskemik adalah kelompok terbesar (85%). Stroke merupakan penyebab tersering lumpuh akuisita pada orang dewasa, menyebabkan perlunya perawatan. Terdapat 182 kasus stroke per 100.000 orang dalam populasi. Tiap tahun, muncul 150.000 kasus baru stroke dan 15.000 rekurensi. Penyakit neurologis utama yang melanda para kaum lanjut usia adalah penyakit ALZHEIMER (gangguan progresif fungsi kognitif), penyakit PARKINSON, dan mikroangiopati serebral (penyakit BINSWANGER).

Penyakit ALZHEIMER merupakan penyakit neurodegeneratif. Dalam bentuk terseringnya, penyakit ini menyerang kaum lanjut usia di atas 65 tahun dan menyusun sekitar 60% dari sekitar 24 juta pasien gangguan kognitif (demensia) di seluruh dunia.

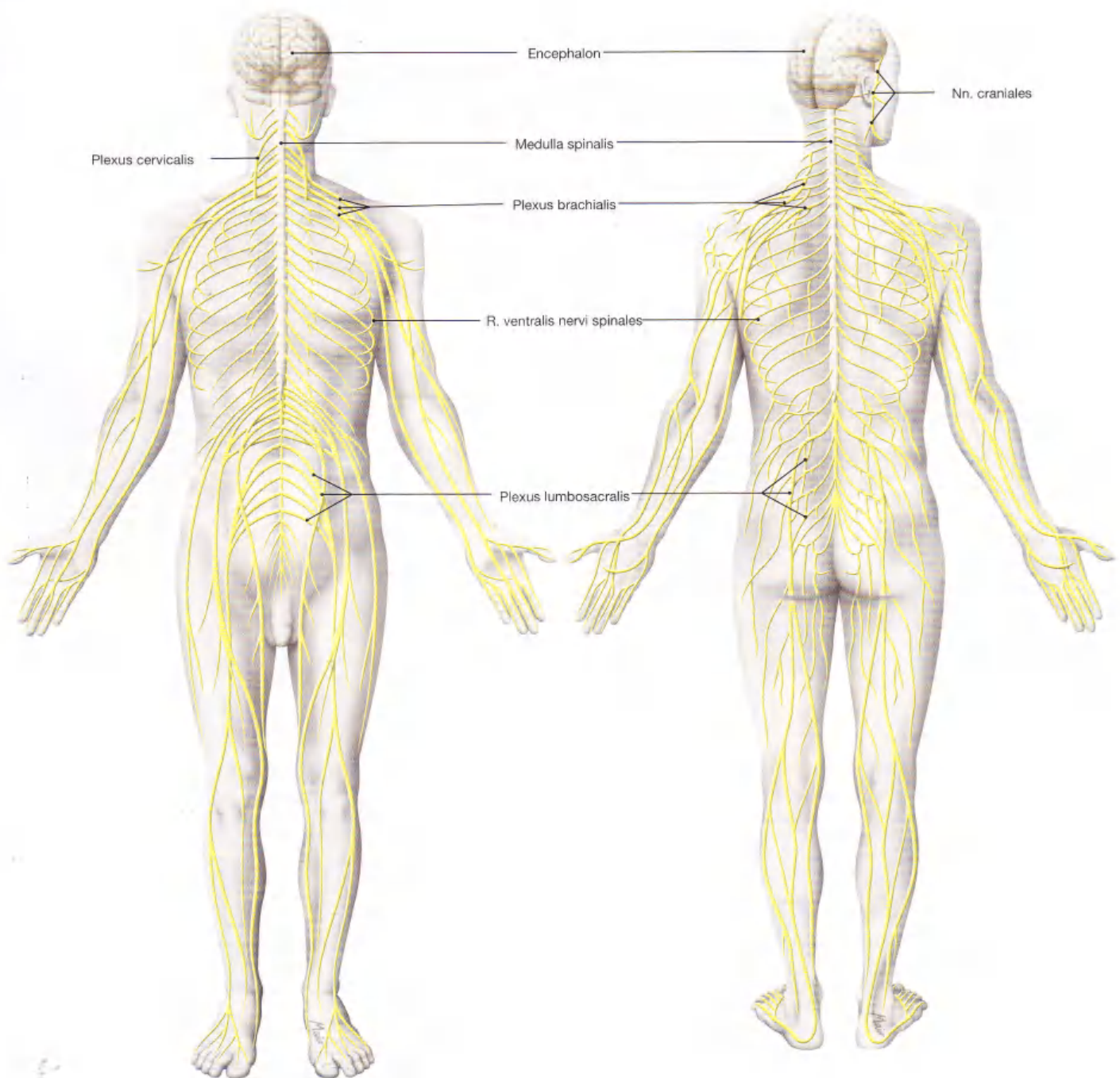
Penyakit PARKINSON merupakan penyakit degeneratif yang mengganggu sistem motor ekstrapiramidal. Gejala khasnya meliputi lambatnya pergerakan (bradikinesia), meningkatnya tonus otot (rigiditas), tremor istirahat, serta berbagai gangguan sensorik, otonomik, psikologis dan kognitif. Saat ini, sekitar 10 juta orang diperkirakan menderita penyakit PARKINSON di seluruh dunia.

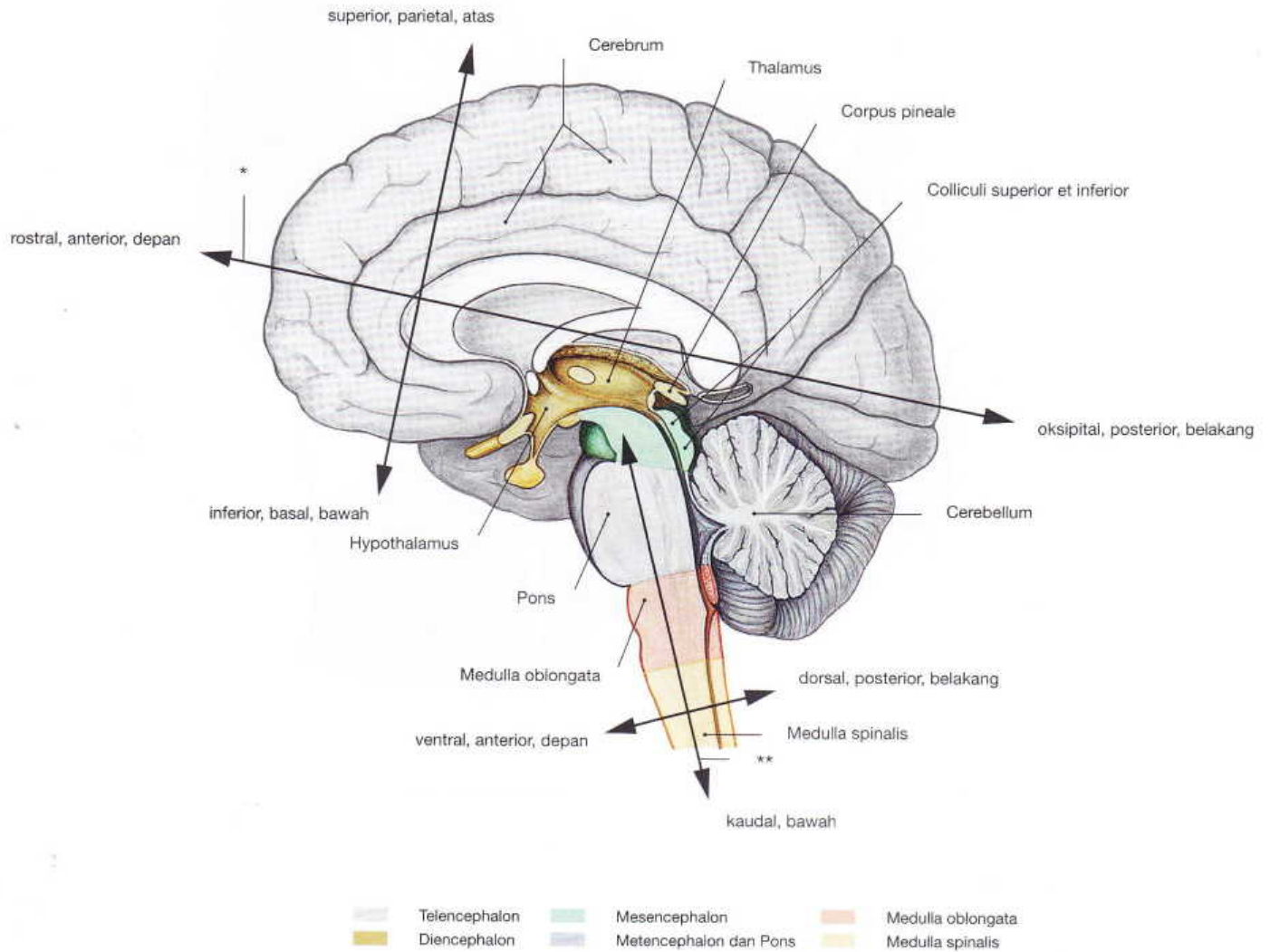
Penyakit BINSWANGER merupakan penyebab tersering demensia vaskular. Penyakit ini terjadi akibat ensefalopati arteriosklerotik subkortikal disertai hipertensi arterial dan mikroangiopati yang terjadi setelahnya. Dapat diperkirakan bahwa insidens penyakit ini lebih dari 3% pada kelompok usia lanjut.

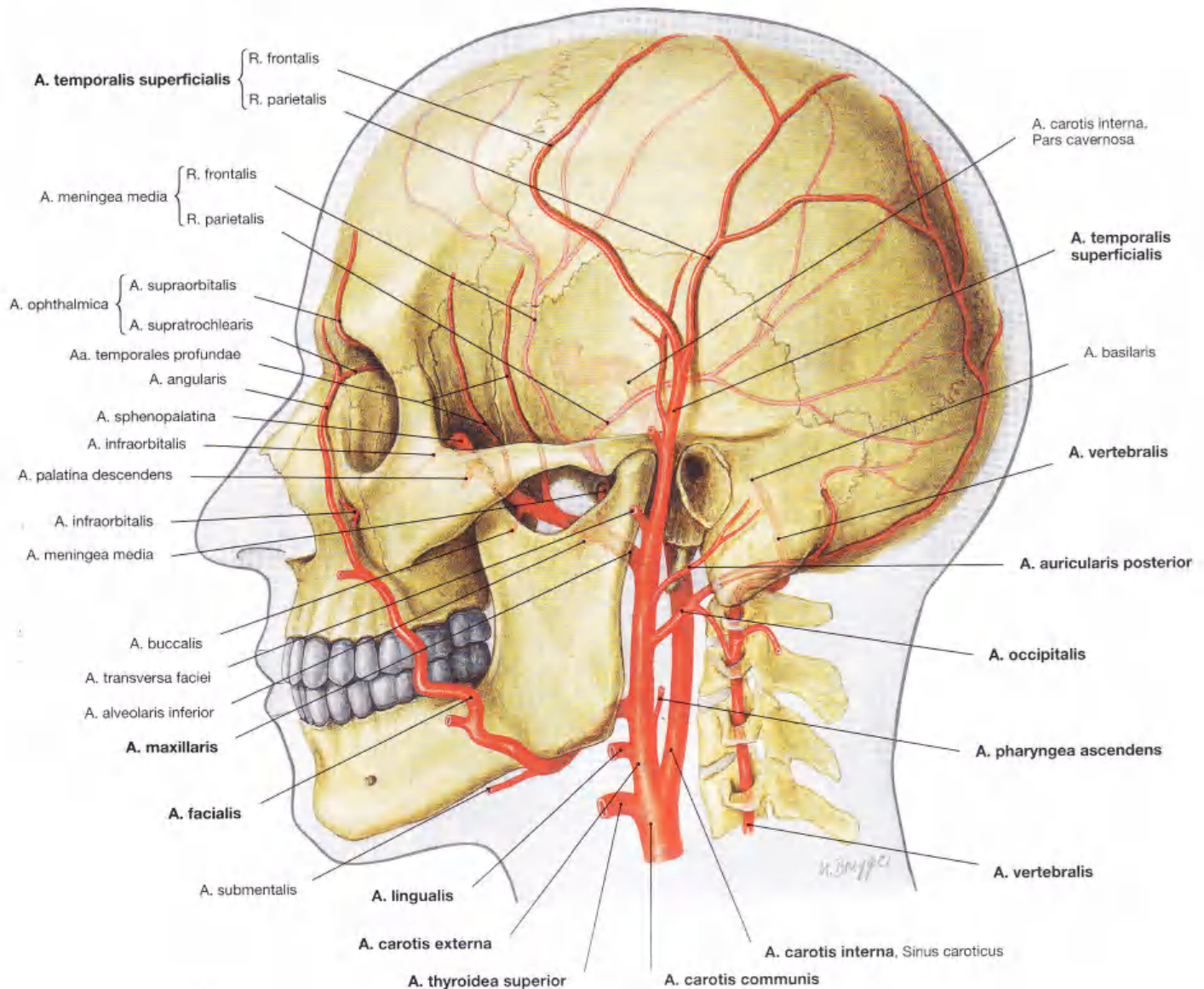
Ketiga penyakit yang berkaitan dengan usia ini memiliki gejala yang sedikit banyak mirip. Penderita penyakit PARKINSON sering kali menderita demensia, dan banyak penderita penyakit BINSWANGER menunjukkan gangguan pergerakan yang sama dengan penderita penyakit PARKINSON. Penderita stroke rentan menderita penyakit ALZHEIMER; penyakit PARKINSON meningkatkan risiko stroke. Tidak tersedia terapi bagi penyebab ketiga penyakit neurodegeneratif sehingga cedera otak yang terjadi tidak bisa diperbaiki.

Setelah mengangkat Encephalon dari Cranium, pembuluh darah dan Nervi craniales di area Basis cranii dan Basis encephalon serta Encephalon yang diangkat segera diinspeksi. Untuk melihat Venae superficiales cerebri, Arachnoid mater diangkat dari Encephalon. Circulus arteriosus beserta pembuluh-pembuluh didekatnya kemudian didiseksi. Circulus arteriosus dilepas di titik-titik percabangan pembuluh darah, dilekatkan pada selembar kertas kemudian diberi label. Untuk mendiseksi ventrikel, sisa-sisa Leptomeninx diangkat, dan sisa pembuluh darah ditelusuri, dipelajari dan diangkat. Dengan pisau otak, dibuat potongan horizontal di atas Corpus callosum, kemudian Ventriculus lateralis dibuka dari arah kranial. Pembukaan dua Crura fornicis dan pelipatan Fornix mengungkap adanya Ventriculus tertius. Pada tahap berikutnya, diseksi Cornu inferius ventriculus lateralis, yang terletak di Lobus temporalis, mengungkap adanya formasi Hippocampus. Kemudian, cerebellum diinspeksi dari luar, didiseksi, Nuclei cerebelli lalu diperiksa dan Pedunculi cerebelli dipotong dari Truncus encephali, memperlihatkan Ventriculus quartus. Truncus encephali kemudian diangkat; Mesencephalon, Pons dan Medulla oblongata dipotong menjadi bagian-bagian untuk diperiksa. Potongan frontal dan horizontal melalui tiap Hemispherium otak berguna untuk mempelajari Ganglia basalis. Akhirnya, traktus medial dan lateral (termasuk visualisasi Insula, Capsula interna dan Tractus opticus) serta Tractus pyramidalis, dan Pedunculus cerebellaris medius serta Pedunculus cerebellaris superior diperiksa. Medulla spinalis paling jelas terlihat pada spesimen kadaver yang sudah diawetkan dan diproseksi; Medulla spinalis, Intumescentiae, Cauda equina dikelilingi oleh Meninges dan terlihat pasangan Nervi spinales keluar dari Canalis vertebralis yang dibuka.

CHECK LIST UJIAN

• Struktur sistem saraf • sistem arteri dan vena superfisial di Cranium • Meninges: Spatium subarachnoideum, jenis cedera perdarahan (perdarahan epidural, subdural, subarachnoid), Dura mater, perjalanan A.carotis interna, Sinus cavernosus, Sinus durae matris dan Arachnoid mater • perkembangan dan struktur SSP • Telencephalon: Cortex cerebri, Hemispherium, Gyri, Sulci, area-area Cortex cerebri, Fornix, Hippocampus, Ganglia basalis, Sistem limbik, relevansi klinis • Diencephalon: Epithalamus (Glandula pinealis, Habenulae), Thalamus, Nucleus ruber, Substantia nigra, Crura cerebri, jalur asendens dan desendens • Pons: Nuclei pontis, Medulla oblongata, Nuclei raphe dan Nucleus olivaris • Cerebellum: struktur, Nuclei cerebellares, traktus cerebellaris dan ataksia • traktus: asosiasi, komisural, proyeksi, Tractus pyramidalis dengan Capsula interna dan pasokan darah • sistem ventrikular: Ventriculi dan Spatium subarachnoideum (Ventriculi encephali), Ventriculi laterales, Ventriculus tertius, Ventriculi quartus, Plexus choroideus dan hidrosefalus • organ sirkumventrikular • pasokan darah: Circulus arteriosus, drainase arteri dan vena otak • Nervi craniales: Bulbus olfaktorius dan N.olfactorius [I], proyeksi, tractus opticus, nuclei Truncus encephali, pintu keluar dari Truncus encephali, Angulus pontocerebellaris, perjalanan, kualitas serat dan lesi Nervi craniales • Medulla spinalis: struktur, Intumescentiae, Radices, Cauda equina, Meninges spinal, pasokan darah, segmen-segmen, Substantia grisea, Substantia alba (Funiculi anterior, lateral et posterior), posisi traktus-traktur pada potongan melintang Medulla spinalis, cedera Medulla spinalis (hemiseksi dan kuadriplegia atau paraplegia)

Systema nervosum, Gambaran umum

Gambar 12.1 Struktur Systema nervosum; dilihat dari ventral dan dorsal.
Systema nervosum dibagi menjadi sistem saraf pusat (SSP) dan tepi (SST).
Encephalon dan Medulla spinalis menyusun **SSP** yang mengatur fungsi-fungsi kompleks, termasuk penyimpanan pengalaman (memori), pembentukan khayalan (pikiran) dan emosi. SSP membantu seluruh tubuh cepat beradaptasi terhadap perubahan di lingkungan dan di dalam tubuh. **SST** terutama tersusun atas Nervi spinales (beserta hubungannya ke Medulla spinalis) dan Nervi craniales (beserta hubungannya dengan Encephalon). SST berfungsi memampukan komunikasi di antara organ dan SSP, mengendalikan aktivitas otot dan visera, dan menjadi penghubung penting antara lingkungan sekitar dan bagian interior tubuh.
Secara fungsional, sistem saraf dibagi menjadi **sistem saraf otonom** (viseral vegetatif, kendali aktivitas viseral, kebanyakan bawah sadar) dan **somatik** (animalik, persarafan otot-otot rangka, persepsi sadar terhadap input sensorik, komunikasi dengan lingkungan sekitar). Kedua sistem saling terkait erat dan berinteraksi satu sama lain.
Selain sistem saraf, sistem endokrin juga berperan mengatur fungsi tubuh.

Informasi seputar arah dan posisi

Gambar 12.2 Informasi seputar arah dan posisi di sistem saraf pusat (SSP dan Medulla spinalis); potongan median.
Selama tahap perkembangan otak, Tuba neuralis menekuk dan, dengan demikian, aksis longitudinal otak bagian depan (Prosencephalon = Diencephalon dan Telencephalon) menekuk ke depan. Akibatnya, tercipta satu nomenklatur unik seperti terlihat di dalam gambar. Sebagai contoh, bagian-bagian yang dulunya terletak di dorsal, contohnya Metencephalon, saat ini terletak di area parietal, tetapi posisinya masih dianggap sebagai dorsal.
Sumbu FOREL (*) merujuk kepada sumbu topografik di antara Telencephalon dan Diencephalon, sementara sumbu yang terproyeksi melalui pusat Truncus encephali dinamakan **sumbu MEYNERT (**)**.

Arteri-arteri kepala

Gambar 12.3 Arteri-arteri eksternal di kepala
A. carotis communis bercabang (Bifurcatio carotidis) menjadi A. carotis externa dan A. carotis interna di tingkat Vertebra cervicalis IV. **A. carotis externa** memberi percabangan berikut: Aa. thyroidea superior, lingualis, facialis, pharyngea ascendens, occipitalis, auricularis posterior, maxillaris, et temporalis superficialis; **A. carotis interna** berjalan naik ke arah kranial tanpa memberi percabangan (→ Gambar 12.15), berjalan melintasi Basis cranii ke dalam Cavitas cranii, dan terutama mempendarahi otak.

Catatan Klinis

Sering kali, Bifurcatio carotidis menjadi lokasi terjadinya **perubahan patologik pada pembuluh darah** (arteriosklerosis ekstrakranial: plak, stenosis, dan oklusi). Di dalam Bifurcatio carotidis terletak Glomus caroticum (tidak terlihat dalam gambar, → Gambar 12.155). Sebagai paraganglion, Glomus caroticum mengandung kemoreseptor yang berespons terhadap perubahan kandungan pH, O_2, dan CO_2 di dalam darah.

Sindrom Sinus caroticus disebabkan oleh hipersensitivitas presoreseptor di dalam Sinus caroticus. Sering kali, gerakan rotasi kepala bisa memicu refleks yang menyebabkan penurunan drastis denyut jantung (refleks vasovagal). Refleks ini bisa menyebabkan komplikasi berat terhadap sirkulasi serta henti jantung.

Arteri-arteri kepala

A. callosomarginalis
A. cerebri anterior
A. ophthalmica
Siphon caroticum
A. carotis interna, Pars cavernosa
A. cerebri media
A. carotis interna, Pars cerebralis
A. communicans posterior
A. cerebri posterior
A. inferior anterior cerebelli
A. basilaris
A. inferior posterior cerebelli
A. carotis interna, Pars petrosa
A. vertebralis
A. carotis interna, Pars cervicalis
A. carotis externa
A. carotis communis

Gambar 12.4 Arteri-arteri internal kepala.
Empat arteri besar memasok darah ke otak: Sepasang Aa. carotides internae dan sepasang Aa. vertebrales. Keempat pembuluh darah ini memasok **Circulus arteriosus cerebri (WILLISII**, → Gambar 12.95) yang terletak di Basis cranii; keempatnya membentuk anastomosis di antara Aa. carotides internae dan Aa. vertebrales serta memberi percabangan beberapa pasang arteri serebral, yakni Aa. cerebri anterior, cerebri media et cerebri posterior.

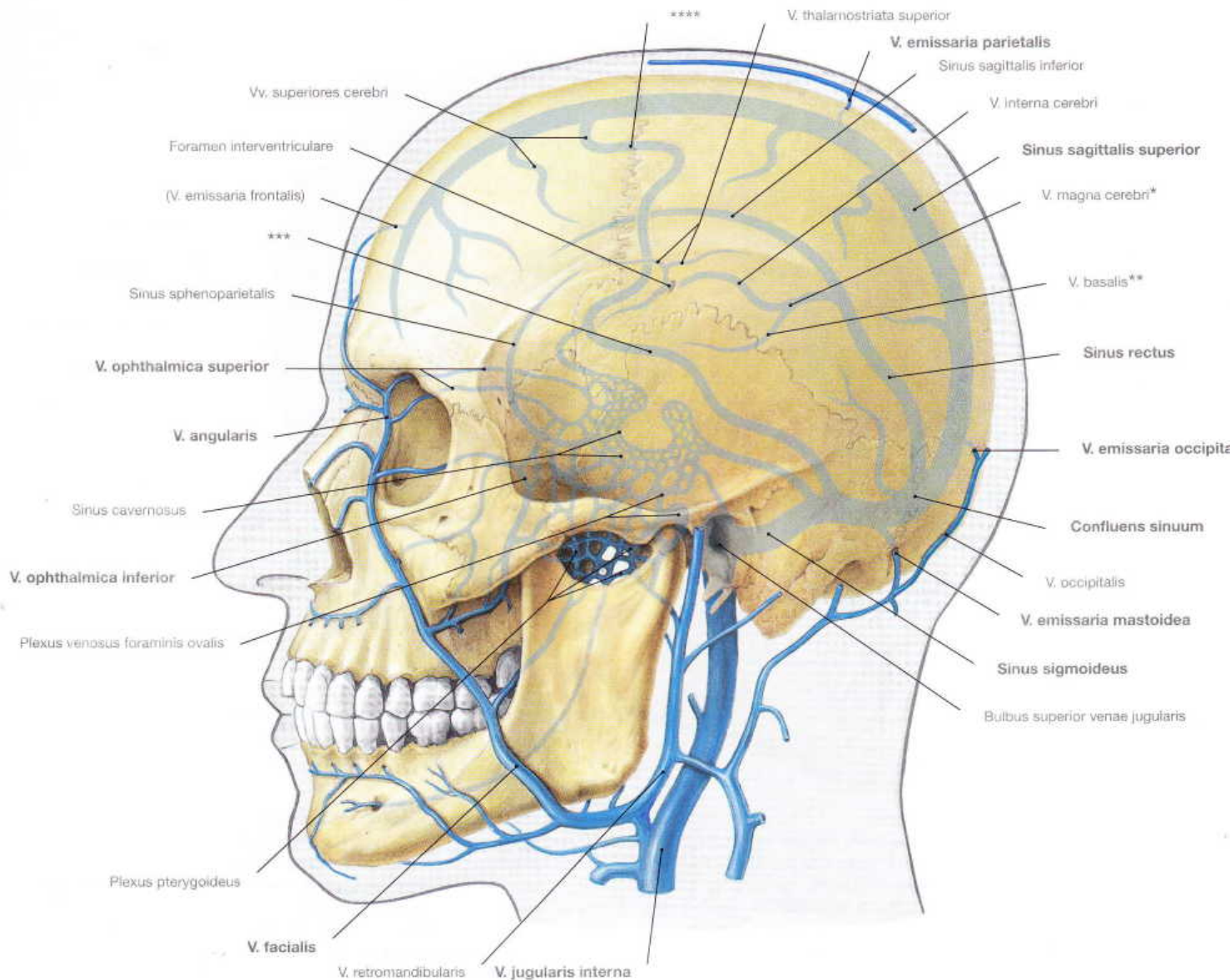
Pembuluh-pembuluh darah yang beranastomosis di dalam Circulus arteriosus cerebri (WILLISII) sering kali begitu sempit sehingga tidak memungkinkan pertukaran darah yang memadai.
Pada tekanan intrakranial normal, **A. carotis interna** dan **A. cerebri posterior** ipsilateral biasanya memasok darah ke tiap Hemispherium cerebri. Dalam 10% kasus, kedua Aa.cerebri anteriores bercabang dari A. carotis interna yang sama di satu sisi. Selain itu, dalam 10% kasus, A. cerebri posterior berasal dari A. communicans posterior, yang juga berasal dari A. carotis interna.

a

b

Gambar 12.5a dan b A. carotis interna; radiograf pascasuntikan medium kontras (angiogram) unilateral. Medium kontras tersebut menyebar ke pembuluh-pembuluh darah sisi kontralateral melalui Circulus arteriosus cerebri (WILLISII).

a radiograf AP, angiografi subtraksi digital (DSA)
b radiograf lateral, angiografi subtraksi digital (DSA)

Vena-vena kepala

Gambar 12.6 Vena-vena internal dan eksternal di kepala.
Vena-vena internal dan eksternal di kepala saling terhubung via banyak anastomosis, meliputi Vv. emissariae et ophthalmicae serta Plexus venosi.

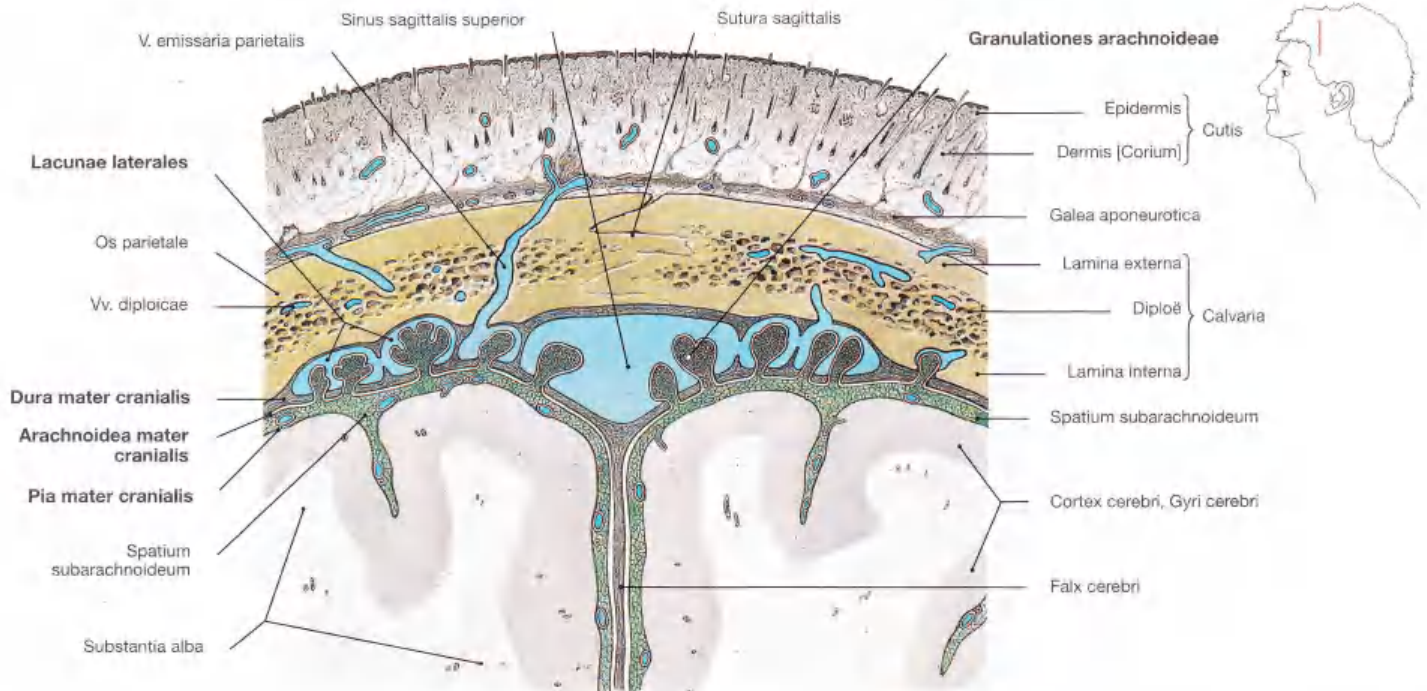
*	Vena GALEN
**	Vena ROSENTHAL
***	Vena LABBÉ
****	Vena TROLARD

Catatan Klinis

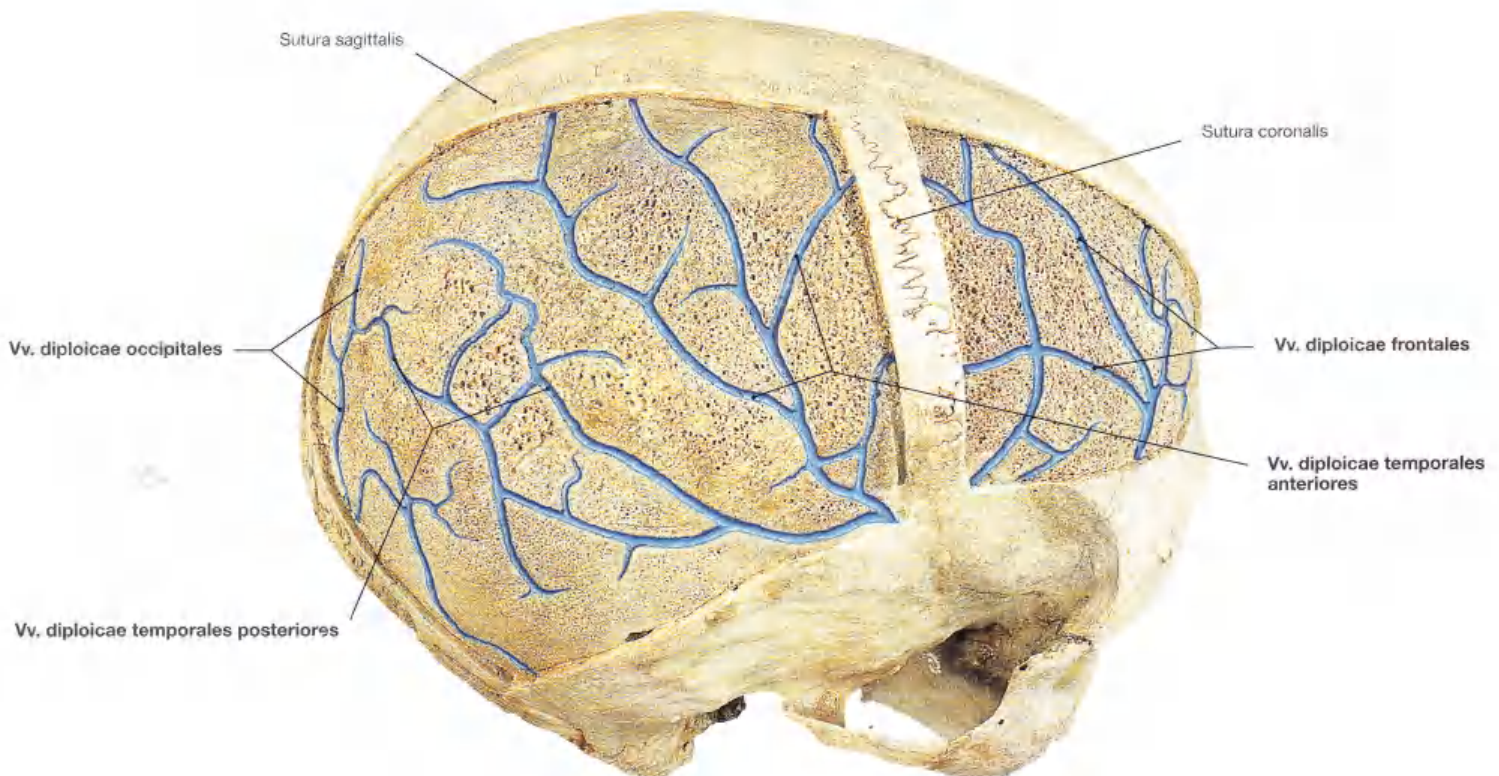
Cedera kulit kepala bisa menyebabkan **penyebaran kuman via Vv. emissariae** dan Vv. diploicae dari Diploë (→ Gambar 12.8) ke dalam Sinus durae materis dan ruang intrakranial.

Vv. emissariae – Jalur Menembus Cranium

V. emissaria	Lokasi Jalur
V. emissaria parietalis	Foramen parietale
V. emissaria mastoidea	Foramen mastoideum
V. emissaria occipitalis	Bukaan di area Protuberantia occipitalis externa
V. emissaria condylaris	Canalis condylaris
Plexus venosus canalis nervi hypoglossi	Canalis nervi hypoglossi
Plexus venosus foraminis ovalis	Foramen ovale
Plexus venosus caroticus internus	Canalis caroticus

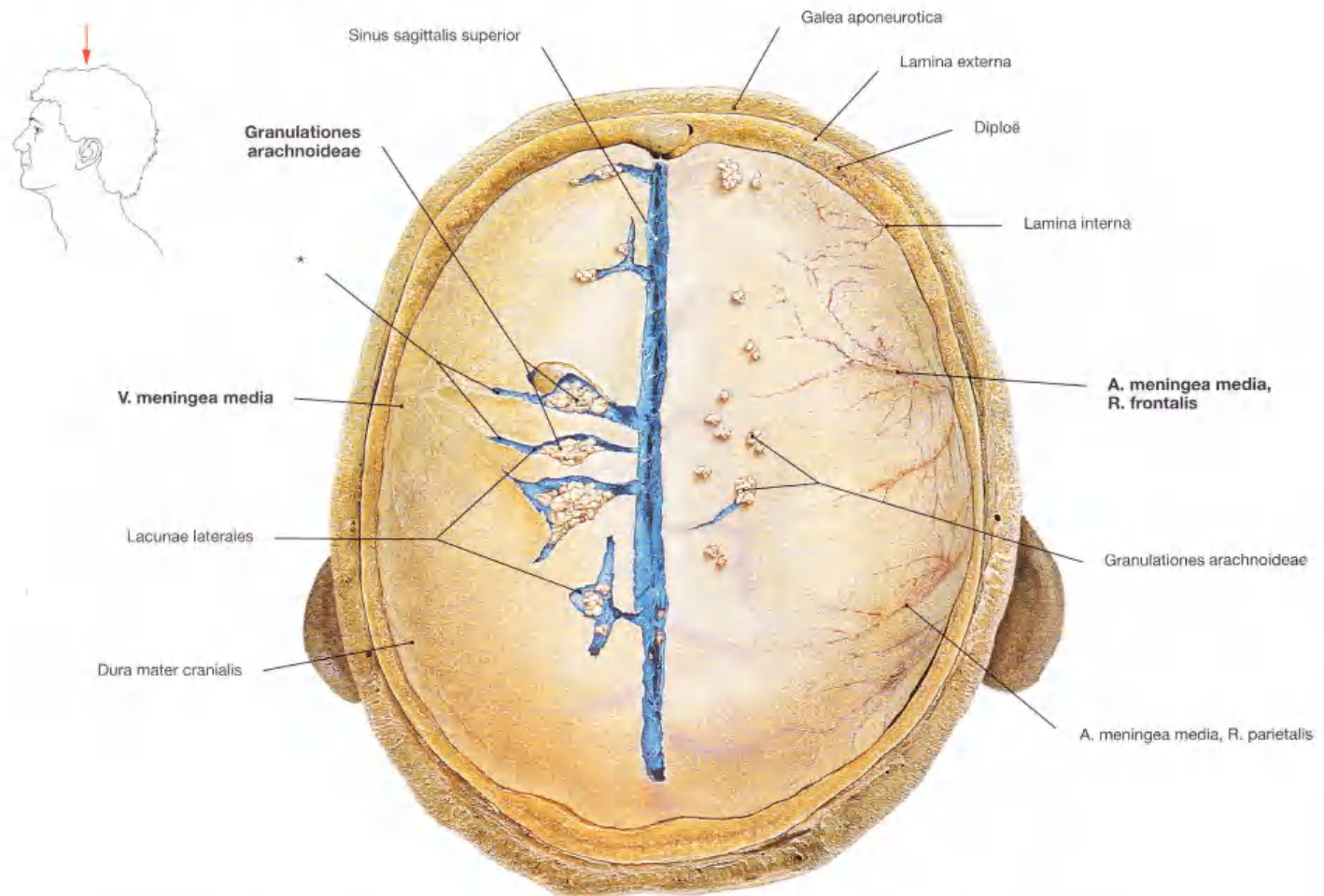
Vena-vena di kepala

Gambar 12.7 Calvaria, Meninges, and Sinus durae matris; potongan frontal.

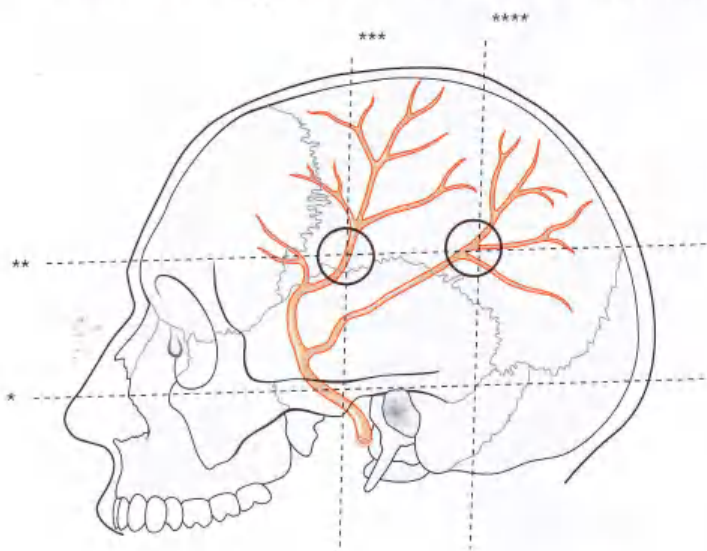
Pada orang dewasa, LCS diserap kembali ke dalam sistem vena terutama melalui **granulasi PACCHIONIAN** (Granulationes arachnoideae, yakni penonjolan arachnoid ke dalam Sinus sagitallis superior atau Lacunae laterales) di sepanjang Sinus sagitallis superior. Selain itu, reabsorpsi terjadi melalui selubung limfatik pembuluh-pembuluh kecil Pia mater cranial dan melalui selubung perineural Nervi craniales et spinales (tidak diperlihatkan di sini).

Sutura sagittalis
Sutura coronalis
Vv. diploicae occipitales
Vv. diploicae frontales
Vv. diploicae temporales anteriores
Vv. diploicae temporales posteriores

Gambar 12.8 Canales diploici dan Vv. diploicae Calvaria, sisi kanan; pandangan oblik superior; setelah lapisan eksternal tulang kompakta diangkat dari Calvaria.

Di dalam ruang diploik, terdapat Canales diploici yang menjadi wadah bagi Vv. diploicae. Venae ini terhubung dengan Vv. emissariae dan Sinus durae matris.

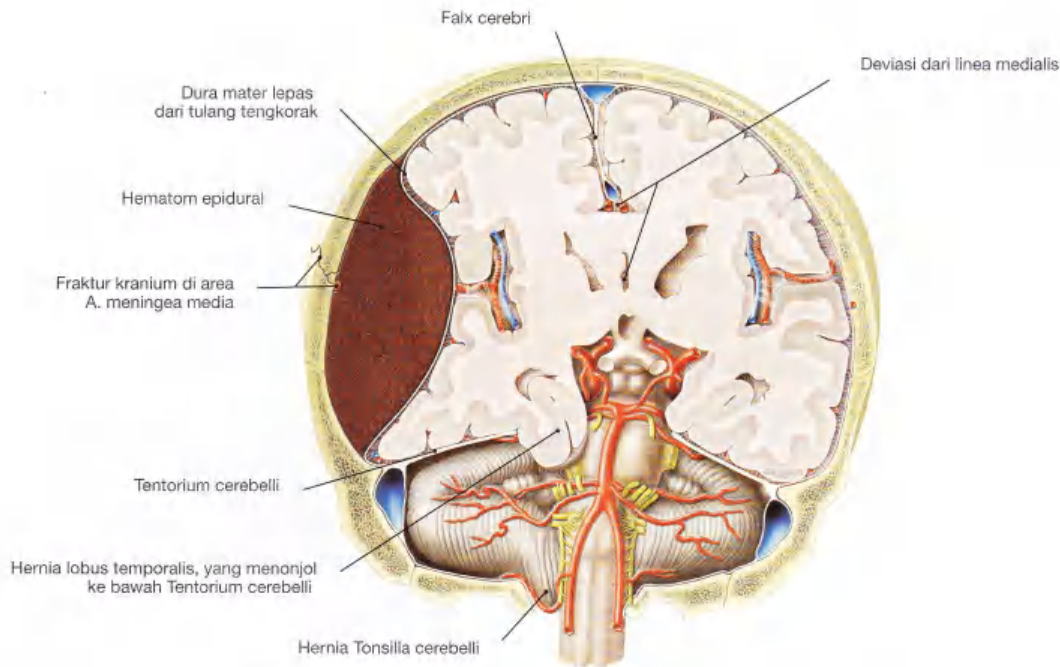
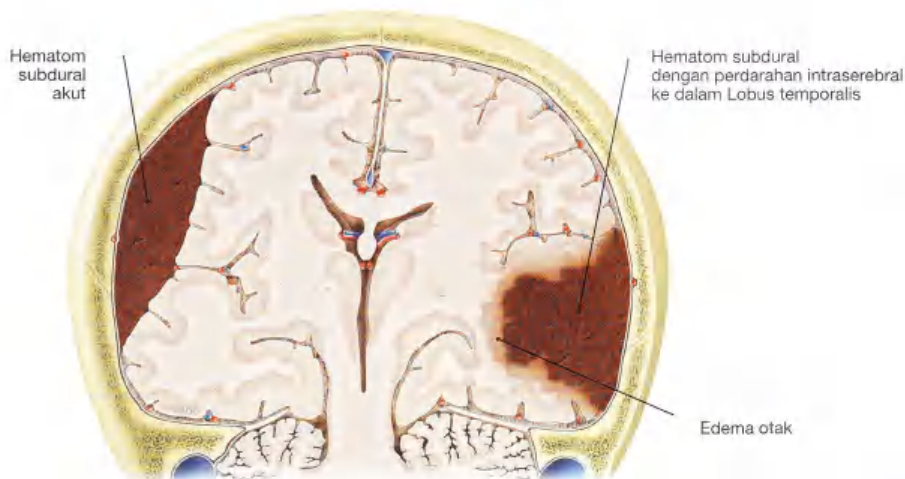
Pasokan darah Dura mater

Sinus sagittalis superior
Galea aponeurotica
Lamina externa
Diploë
Granulationes arachnoideae
Lamina interna
*
V. meningea media
A. meningea media, R. frontalis
Lacunae laterales
Granulationes arachnoideae
Dura mater cranialis
A. meningea media, R. parietalis

Gambar 12.9 Dura mater cranialis dan Sinus sagittalis superior beserta beberapa Lacunae laterales; dilihat dari superior. Calvaria telah diangkat. Di sisi kiri tubuh, Dura mater cranialis telah dibuka di sepanjang **Lacunae laterales** dan terlihat konfluensi **Vv. meningeae mediae**. Granulationes arachnoideae PACCHIONIAN terletak di dalam Lacunae laterales. Di sisi kanan tubuh, Granulationes arachnoideae terlihat ketika mereka naik ke atas permukaan dura, dan akan terus melebar hingga mencapai Calvaria. Di tempat ini, mereka memunculkan impresi/lekukan yang khas dan terhubung dengan Vv. diploicae.

* konfluensi Vv. meningeae mediae ke dalam Lacunae laterales

Gambar 12.10 Proyeksi Rr.frontalis dan parietalis A. meningea media ke sisi Cranium. Lingkaran menandakan proyeksi cabang-cabang utama A. meningea media.
Lokasi cabang-cabang utama A. meningea media ditentukan lewat persilangan antara garis horizontal atas dan garis vertikal yang melintasi pertengahan Arcus zygomaticus dan garis vertikal yang melintasi bagian posterior Proc.mastoideus.

*	istilah klinis: Linea horizontalis auriculoorbitalis (garis horizontal FRANKFORT)
**	istilah klinis: Linea horizontalis supraorbitalis
***	garis vertikal melintasi pertengahan Arcus zygomaticus
****	garis vertikal melintasi bagian posterior Proc. mastoideus

Catatan Klinis

Meningioma merupakan tumor intrakranial jinak yang paling sering dijumpai. Sering kali, meningioma terbentuk di daerah Granulationes arachnoideae PACCHIONIAN, di sepanjang Falx cerebri, di daerah sayap Os sphenoidale (clinoidal), dan di Sulcus olfactorius. Trauma tumpul terhadap bagian samping kepala dapat menyebabkan **fraktur Cranium**. Lokasi fraktur yang paling memungkinkan adalah di tempat ketika garis horizontal atas (terletak di atas Orbita) melintasi dua garis vertikal yang melintas di pertengahan Arcus zygomaticus atau bagian posterior Proc.mastoideus. **Hematoma epidural** timbul akibat ruptur R. frontalis atau R. parietalis A. meningea media (→ Gambar 12.11).

Gambar 12.11 Hematoma epidural; potongan frontal; dilihat dari frontal. Cedera A. meningea media di sisi kanan tubuh menyebabkan perdarahan arteri di antara Calvaria dan Dura mater. Tekanan yang dimunculkan oleh hematoma menyebabkan pergeseran garis tengah ke sisi berlawanan sehingga sebagian Lobus temporalis terjepit di bawah Tentorium cerebelli melalui Incisura tentorii.

Gambar 12.12 Hematoma subdural dan perdarahan intraserebral; potongan frontal; dilihat dari frontal.
Ruptur vena-vena penghubung menyebabkan hematoma subdural akut di sisi kanan dan hematoma subdural disertai perdarahan intraserebral ke dalam Lobus temporalis di sisi kiri.

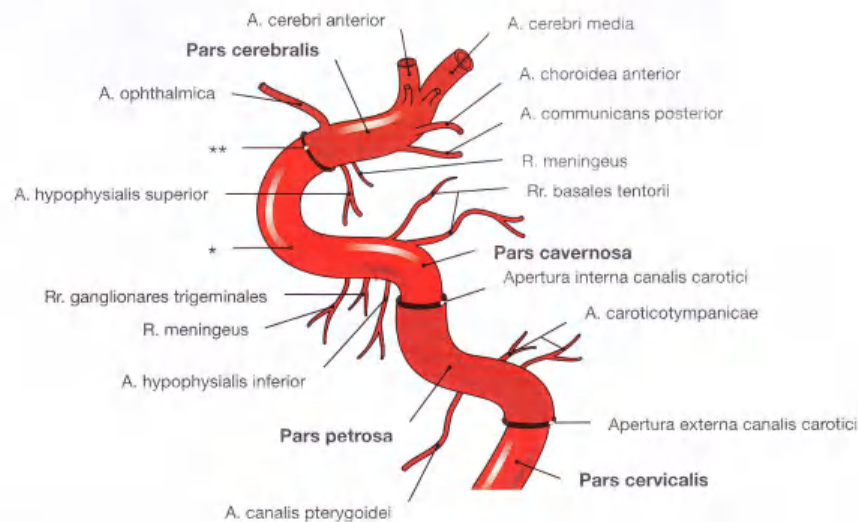
Gambar 12.13 Hematoma subdural; dilihat dari aspek superior otak. [5] Hematoma subdural bilateral berukuran besar akibat trauma baru (anak panah) di aspek dalam Dura mater (panah merah = Falx cerebri). Dura di atas hematoma dilipat.

Catatan Klinis

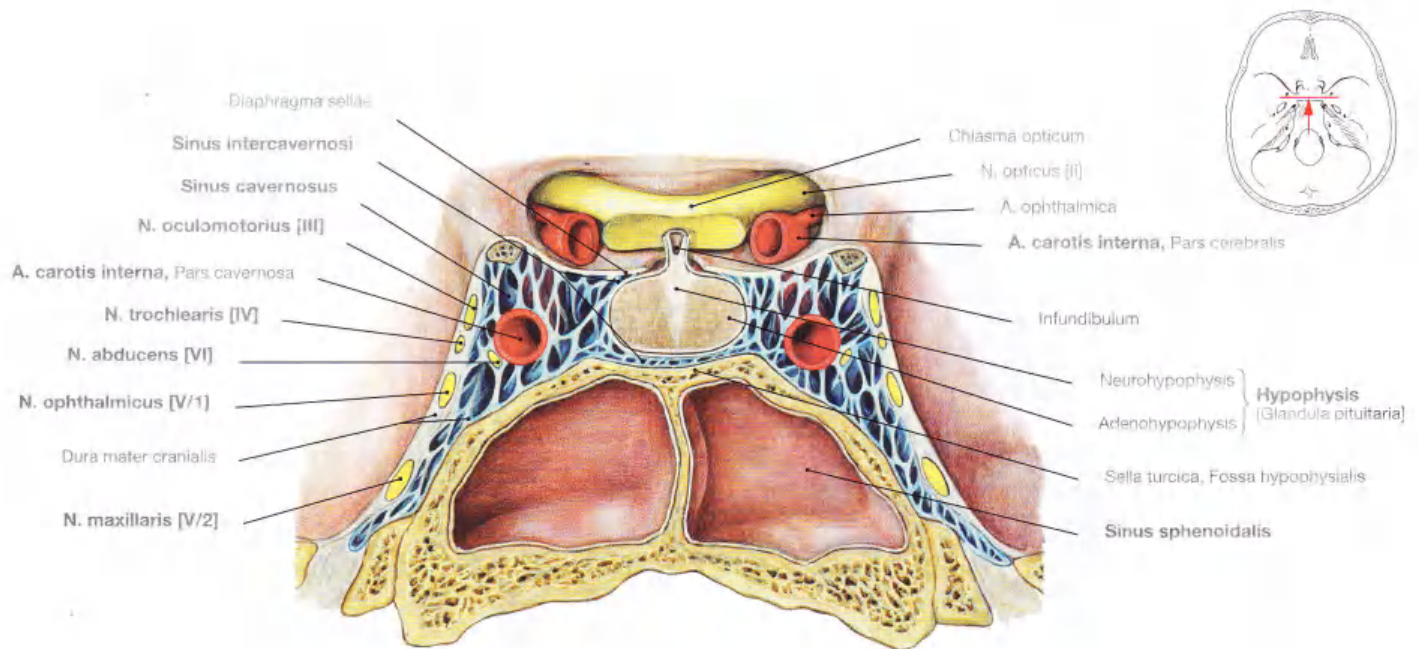
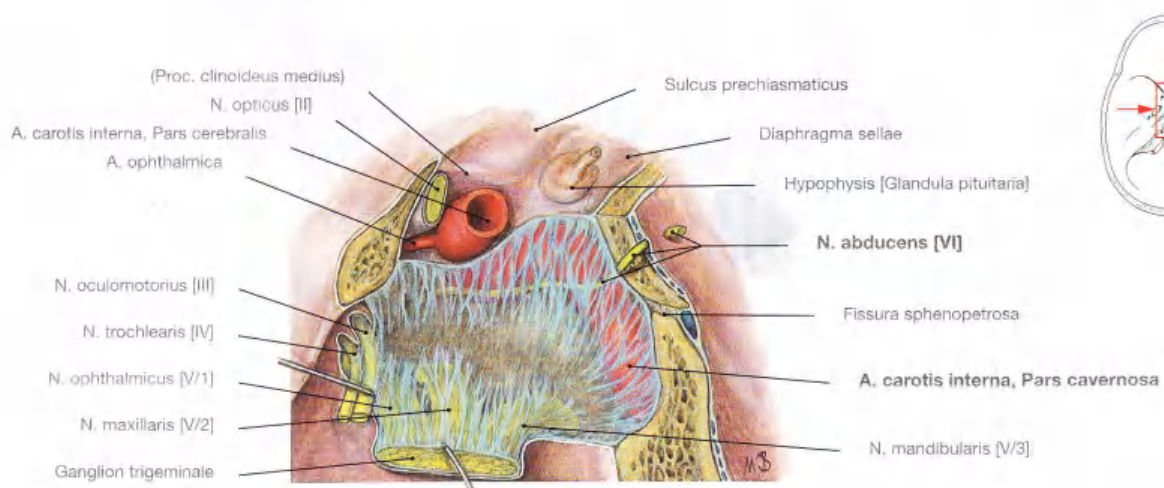
Trauma kepala, misalnya akibat kecelakaan kendaraan bermotor, bisa menyebabkan cedera A. meningea media, yang memasok darah ke Dura mater. Sering kali, pasien terlihat tidak mengalami cedera akut dan tetap tidak menunjukkan gejala apa pun selama 30 menit pertama. Perdarahan arteri yang muncul kemudian menyebabkan pelepasan Dura mater dari bagian dalam Cranium, sehingga muncul **hematoma epidural**. Akibatnya, terjadi pergeseran bagian-bagian Encephalon dan peningkatan tekanan Encephalon, Truncus encephali, dan Nervi craniales disertai defisit neurologis berat dan refleks patologis. Orang lanjut usia sering memiliki vena yang lebih rapuh sehingga cedera kecil pun mampu menyebabkan ruptur vena-vena penghubung di antara Venae craniales dan Sinus durae matris), sehingga terjadi **hematoma subdural**. Oleh karenanya, baik secara akut maupun bertahap (kadang selama berminggu-minggu), darah vena mengumpul di antara Dura mater dan arachnoid mater. Pasien mengeluhkan gejala-gejala umum dan tidak khas seperti pusing, nyeri kepala, kelelahan, gelisah, atau kebingungan. Hematoma subdural juga bisa terjadi bersama dengan perdarahan intraserebral dan defisit neurologis akut terkait (→ hal. 240, 256, 267, dan 270).

Sinus durae matris dan bagian-bagian A. carotis interna

Tentorium cerebelli
Falx cerebri
Sinus petrosus inferior
Falx cerebri
Sinus sagittalis superior
Sinus sagittalis inferior
Sinus sphenoparietalis
A. carotis interna
Vv. superiores cerebri
N. opticus [II]
Sinus cavernosus
V. magna cerebri
Incisura tentorii
Hypophysis
Sinus transversus
Crista galli
Sinus intercavernosi
Sinus sigmoideus
Plexus basilaris
Sinus rectus
Confluens sinuum
Tentorium cerebelli
Sinus occipitalis
Sinus marginalis
Foramen magnum
Tentorium cerebelli
Sinus petrosus superior

Gambar 12.14 Dura mater cranialis dan Sinus durae matris; dilihat dari oblik superior; Tentorium cerebelli diangkat sebagian.
Dura mater cranialis melapisi seluruh Cavitas cranii dan begitu ketat melekat ke Cranium. Sinus durae matris berjalan di dalam dura. **Falx cerebri** muncul di dalam bidang sagital dengan bentuk seperti sabit dan terentang dari Crista galli hingga ke tepi **Tentorium cerebelli**. Kemudian, Falx cerebri akan menutupi Fossa cranii posterior dan melekat di sepanjang Sinus transversus dan tepi piramidal. Batas-batas Incisura tentorii membungkus Mesencephalon dan mengecil perlahan hingga mencapai Plicae petroclinoideae, yang berjalan ke Procc. clinoidei anterior et posterior. Falx cerebri dan Tentorium cerebelli membagi Cavitas cranii menjadi tiga ruang yang tidak sepenuhnya terpisah satu sama lain, berisi dua Hemispherium cerebri dan Cerebellum.

Gambar 12.15 Bagian-bagian A. carotis interna. [8]
A. carotis interna terbagi menjadi empat bagian: Pars cervicalis, Pars petrosa, Pars cavernosa dan Pars cerebralis. Di sepanjang perjalanannya melewati Basis cranii, A. carotis interna berjalan menembus Apertura externa canalis carotici, Apertura interna canalis carotici dan Dura mater. Di Pars cervicalis, keluar cabang-cabang kecil.

* *carotid artery siphon*
** perjalanan melalui Dura mater cranialis di regio Diaphragma sellae

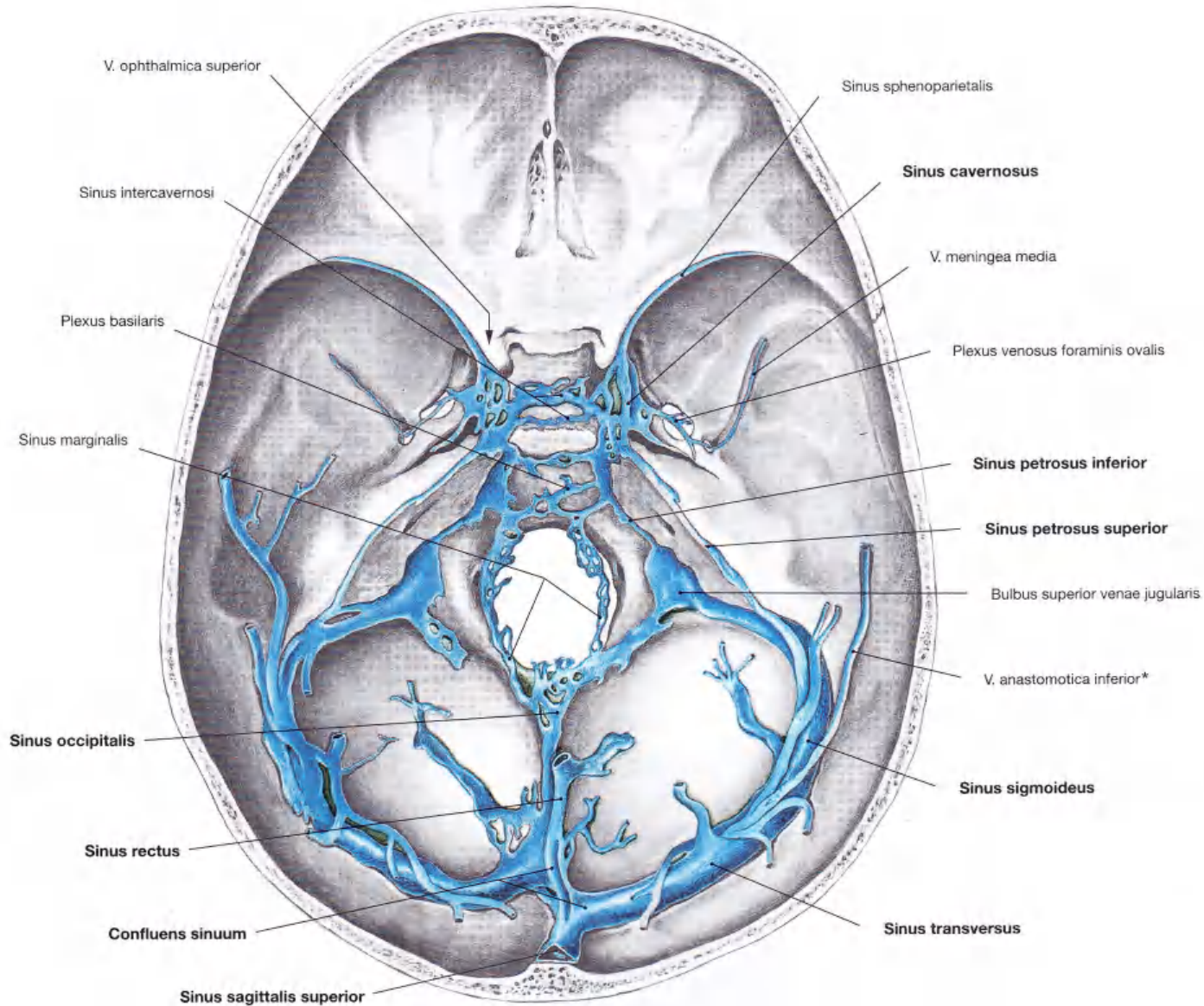
Sinus cavernosus

Gambar 12.16 Hypophysis [Glandula pituitaria] dan Sinus cavernosus; potongan frontal; dilihat dari posterior
Hypophysis dikelilingi oleh Sinus cavernosus di kanan dan kirinya, yang saling terhubung melalui Sinus intercavernosi. A. carotis interna dan N. abducens [VI] di sisi lateralnya berjalan menembus bagian tengah Sinus cavernosus; Nn. oculomotorius [III], trochlearis [IV], ophthalmicus [V/1], dan maxillaris [V/2] terletak di dinding Sinus cavernosus. Sinus sphenoidalis terletak di bawah Sella turcica yang berisi Hypophysis.

Gambar 12.17 Sinus cavernosus, sisi kiri; dilihat dari lateral; bagian lateral Dura mater yang turut menyusun dinding sinus telah diangkat; Ganglion trigeminale dilipat ke lateral.

Di dalam gambar, diperlihatkan perjalanan Pars cavernosa A. carotis interna dan perjalanan N. abducens [VI] melintasi Sinus cavernosus.

Catatan Klinis

Penyakit yang menyerang Sinus cavernosus (**sindrom Sinus cavernosus;** trombosis, tumor, metastasis Sinus cavernosus, aneurisma A. carotis interna, infiltrasi peradangan) terjadi bersamaan dengan kelumpuhan Nervi abducens et oculomotor unilateral beserta dengan defisit sensorik cabang trigeminal pertama (N. opthalmicus [V/1]). Munculnya gejala-gejala ini secara akut, bersama dengan tanda-tanda gangguan aluran darah vena, seperti stasis vena isi Orbita disertai pembengkakan Palpebra dan konjungtiva serta Protrusio bulbi (proptosis) menandakan trombosis vena dan/atau fistula di antara A. carotis interna dan Sinus cavernosus.

Perubahan arteriosklerotik pada dinding pembuluh darah relatif sering terjadi di tempat bercabangnya A. carotis interna dari A. carotis communis serta di Pars cavernosa A. carotis interna.

Sinus durae matris

Gambar 12.18 Sinus durae matris; cetakan korosi; dilihat dari superior.

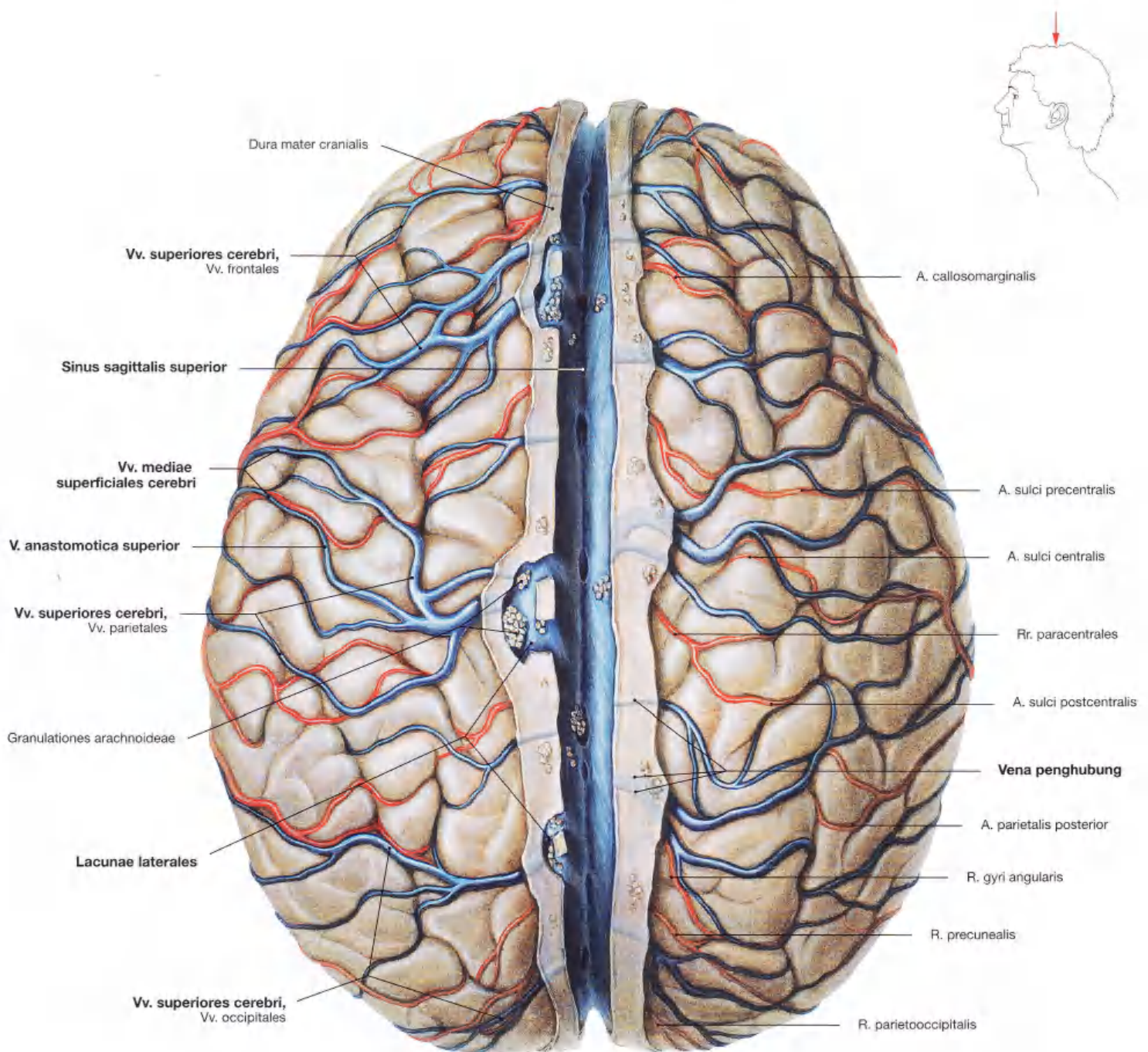
Sinus durae matris merupakan saluran-saluran vena kaku tanpa katup yang mengalirkan darah vena dari Encephalon melalui vena-vena penghubung. Drainase utama dari dalam Cranium terjadi melalui **Sinus sigmoidei** ke dalam Vv. jugulares internae (awalnya membentuk Bulbus superior venae jugularis). Selain itu, Vv. ophthalmicae superiores (di dalam Orbita, tidak terlihat tetapi ditunjukkan oleh anak panah, saling terhubung melalui Fissura orbitalis superior) dan Vv. emissariae yang sangat beragam (→ Gambar 12.6) membentuk serangkaian hubungan vena yang lebih kecil dan tidak berkatup di antara Regio intra- dan ekstrakranial.

Dua **Sinus cavernosi** terletak di tengah, tepatnya di tengah Fossa cranii media di kedua sisi Sella turcica. Keduanya saling terhubung melalui Sinus intercavernosi dan, baik secara langsung maupun tak langsung, dengan kebanyakan sinus lainnya dan dengan vena-vena orbita serta Fossa infratemporalis.

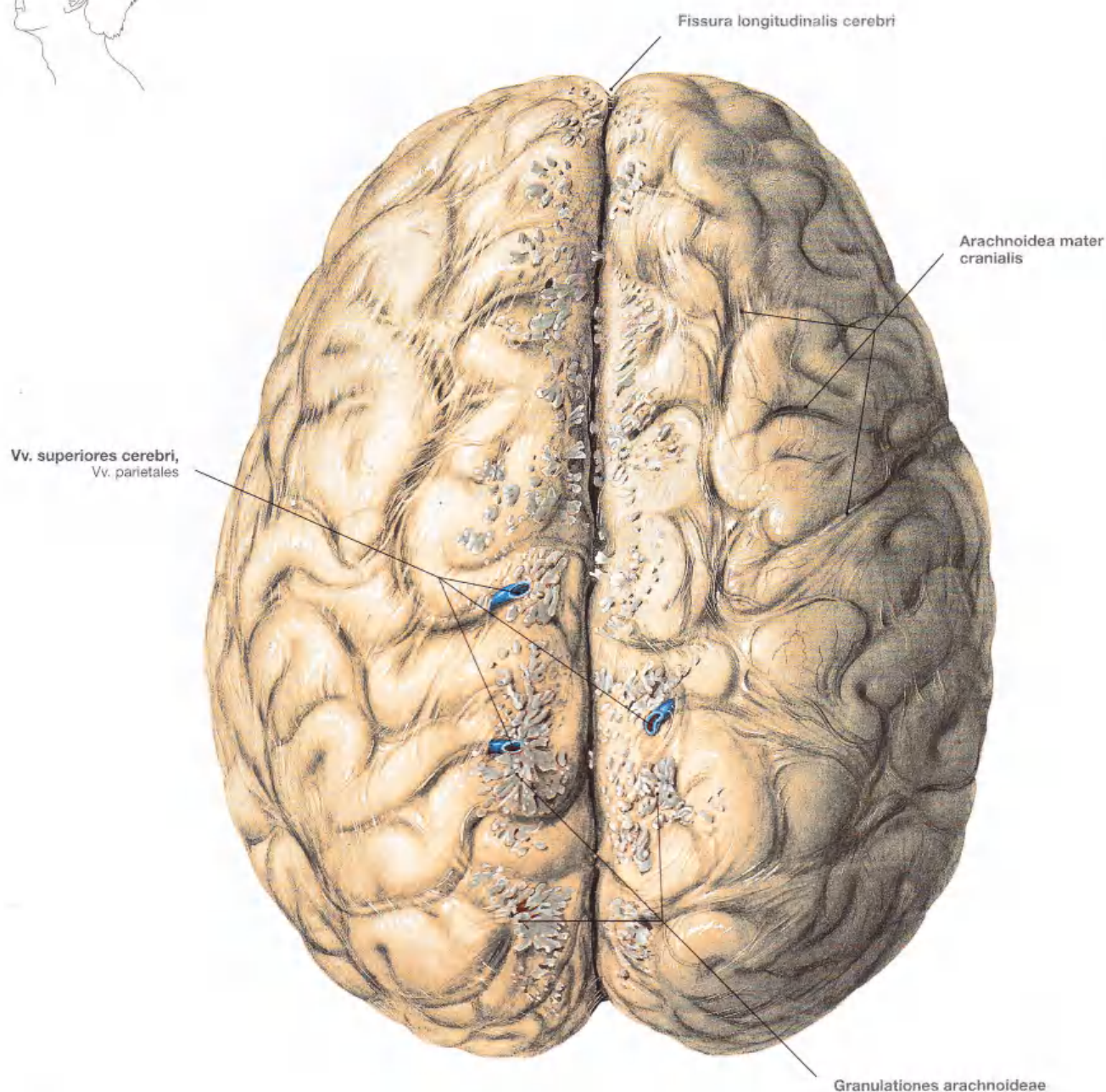
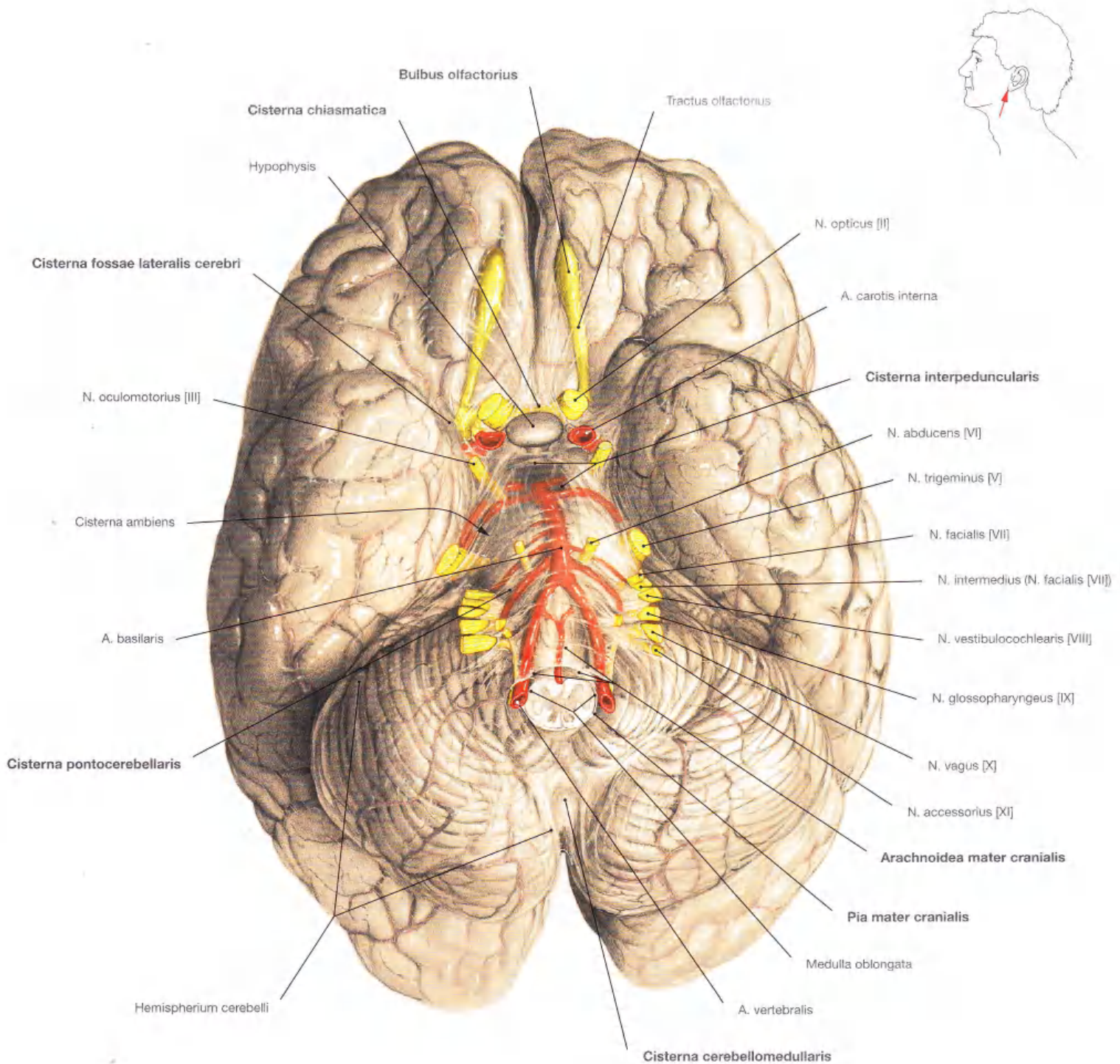
* Vena LABBÉ menuju Vv. mediae superficiales cerebri

Catatan Klinis

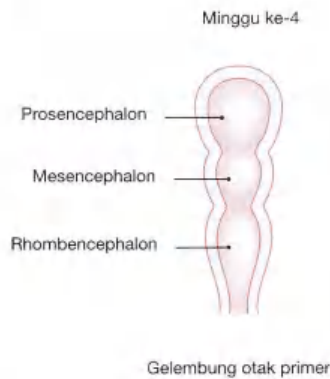
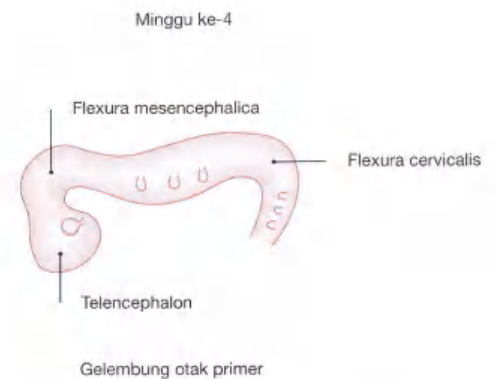
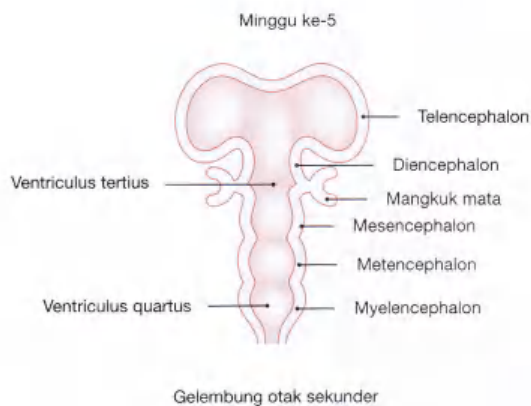
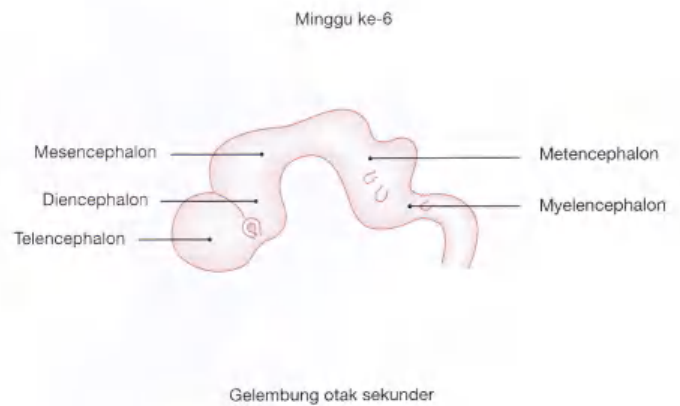
Trombosis Sinus durae matris, misalnya yang disebabkan oleh kontusio serebri atau peradangan seperti infeksi telinga tengah, bisa menyebabkan sumbatan parsial atau lengkap, yang mengakibatkan edema Encephalon dan infark hemoragik akibat perdarahan diapedetik karena stasis. Gejala yang muncul meliputi nyeri kepala, mual, muntah, dan kejang epileptik.

Pembuluh darah superfisial Encephalon

Gambar 12.19 Arteri dan vena superfisial Encephalon; dilihat dari superior; setelah Dura mater cranialis diangkat dan Sinus sagittalis superior dipotong; Arachnoidea mater cranialis diangkat.
Arteri dan vena superfisial mendarahi Cortex cerebri dan Ganglia basalis di bawahnya. Vena-vena superfisial tersebut meliputi Vv. superiores cerebri, V. media superficialis cerebri, dan Vv. inferiores cerebri (tidak diperlihatkan). Anastomosis biasanya menghubungkan vena-vena yang berukuran lebih besar (V. anastomotica superior [vena TROLARD, → Gambar 12.6] dan V. anastomotica inferior [vena LABBÉ, → Gambar 12.6 dan 12.18]). Vv. superiores cerebri mengalir ke dalam Sinus sagitalis superior secara langsung atau, melalui vena-vena penghubung kecil yang menembus Dura mater, berhubungan dengan Lacunae laterales yang kemudian mengalir ke dalam Sinus sagittalis superior.

Catatan Klinis

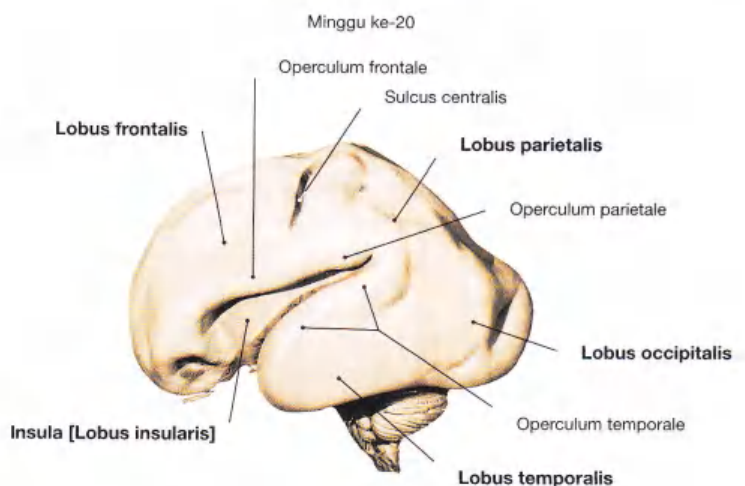
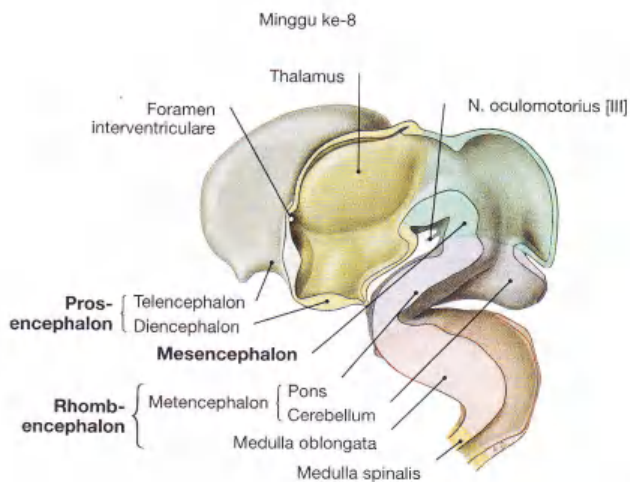
Cedera vena-vena penghubung menyebabkan terkumpulnya darah di antara Dura dan Arachnoidea mater sehingga dapat menyebabkan hematoma subdural (→ Gambar 12.12). Khususnya pasien lanjut usia dengan atrofi Encephalon terkait usia dan vena-vena penghubung yang rapuh, memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk mengalami **hematoma subdural kronik.** Jenis hematoma ini sering tidak dikenali karena perdarahan vena yang terjadi begitu samar dan pasien tidak mampu mengingat trauma kecil yang mencetuskan kelainan ini.

Gambar 12.20 Encephalon dan Arachnoidea mater cranialis; dilihat dari superior.
Arachnoid mater cranialis menyelimuti Encephalon. Falx cerebri (yang adalah duplikasi Dura mater cranialis), normalnya berada di dalam **Fissura longitudinalis cerebri**, membagi kedua Hemispherium cerebri menjadi paruh kiri dan kanan serta meluas ke bawah menuju Corpus callosum (tidak terlihat). Di kedua sisi Fissura longitudinalis cerebri, tampak ada banyak Granulationes arachnoideae PACCHIONIAN. Struktur ini meluas hingga mencapai di atas tingkat arachnoid mater dan membantu penyerapan kembali Liquor cerebrospinalis. Selain itu, tampak sejumlah Venae encephali (Vv.superiores cerebri, Vv.parietales), yang terputus dari vena-vena penghubung (vena-vena kecil yang menembus Dura mater cranialis dalam perjalanannya menuju Sinus sagittalis superior) ketika Encephalon diangkat dari cranium.

Gambar 12.21 Encephalon dan Arachnoidea mater cranialis; dilihat dari inferior.

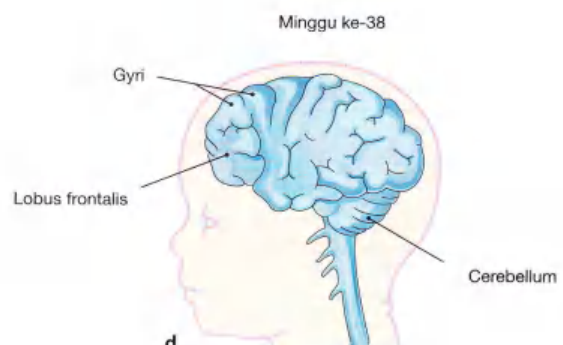
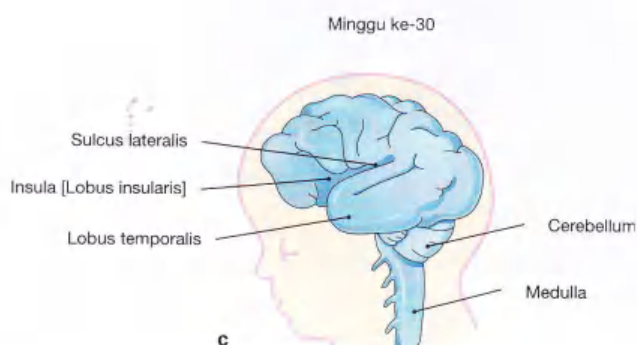
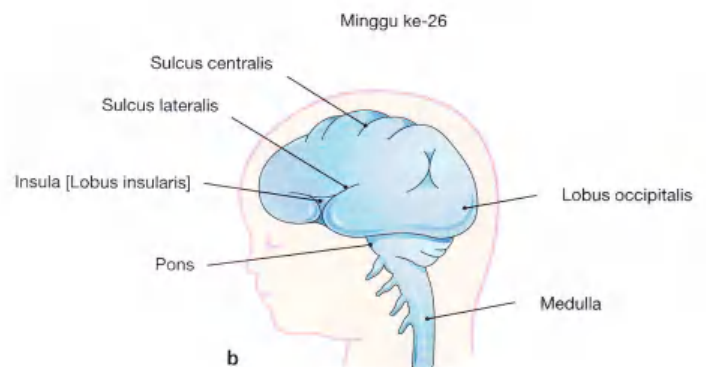
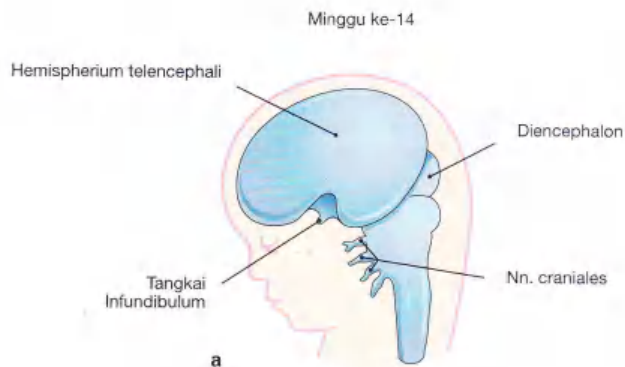
Pengangkatan Encephalon dari Cranium dikerjakan dengan cara memotong Truncus encephali di tingkat Medulla oblongata dan memutus Aa. vertebrales, Aa. carotides, dan dua belas pasang Nervi craniales (Fila olfactoria milik Nervus cranialis I diputus di Bulbus olfactorius). Arachnoid mater cranialis membungkus Encephalon. Pelbagai saraf dan pembuluh darah berjalan di dalam Spatium subarachnoidale. Terlihat bagian kaudal Lobi frontalis, temporalis dan occipitalis serta Cerebellum. Circulus arteriosus cerebri (WILLISII) tetap dipertahankan tetapi hanya terlihat sebagian. Lebih lanjut, terlihat pula lokasi Cisternae cerebri.

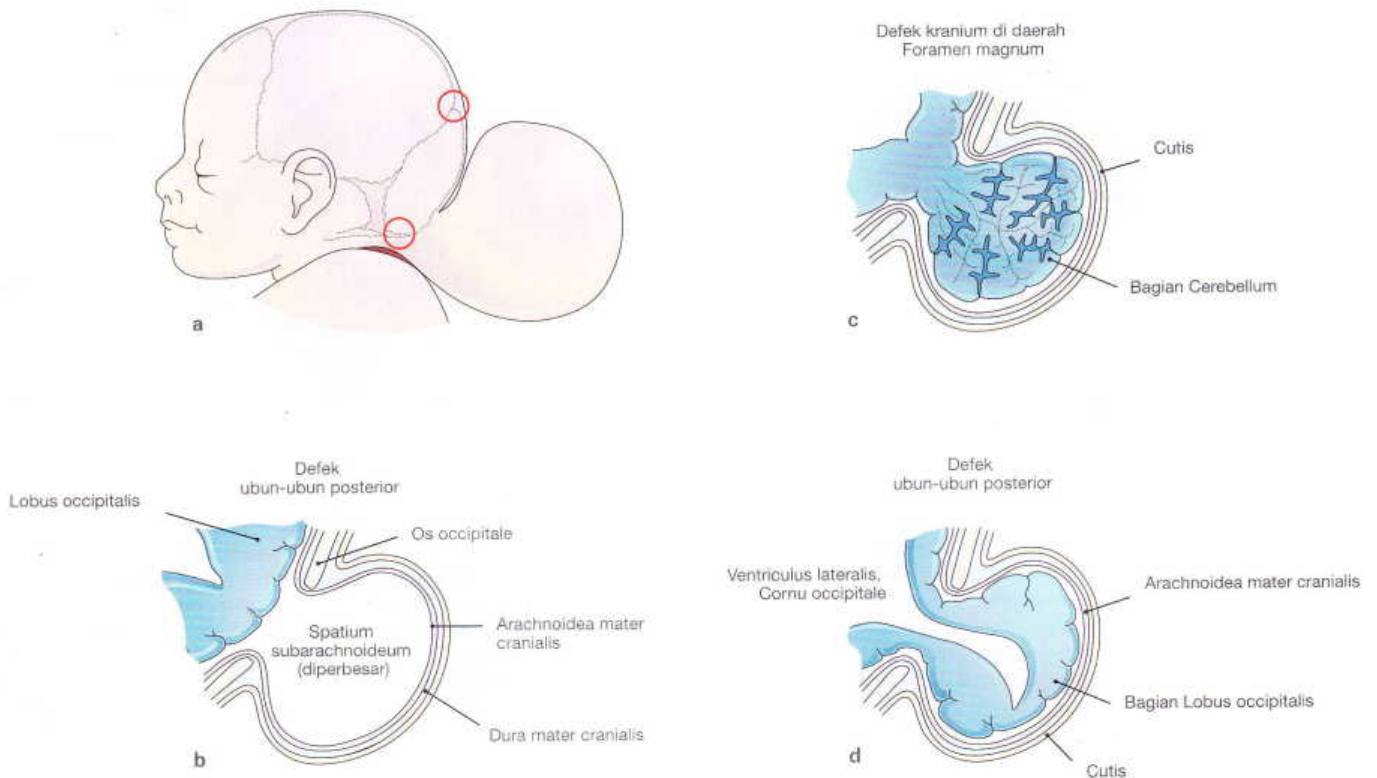
Perkembangan Encephalon

Gambar 12.22 Perkembangan Encephalon: vesikel-vesikel utama Encephalon; skema potongan frontal. [21]
Lubang-lubang Tuba neuralis tertutup di **minggu ke-4**. Ujung rostral-nya mulai membesar dan membentuk tiga **vesikel Encephalon primer** secara berurutan; Encephalon depan (Prosencephalon), Encephalon tengah (Mesencephalon), dan Encephalon belakang (Rhombencephalon).

Gambar 12.23 Perkembangan Encephalon: vesikel-vesikel utama Encephalon; skema dilihat dari lateral. [21]
Selama **minggu ke-4** berlangsung, terbentuk Flexura mesencephalica di antara Prosencephalon dan Mesencephalon. **Flexura cervicalis** terbentuk di antara Rhombencephalon dan Medulla spinalis.

Gambar 12.24 Perkembangan Encephalon: vesikel-vesikel Encephalon sekunder; skema potongan frontal. [21]
Dalam **minggu ke-5**, bagian-bagian Prosencephalon yang terletak di sisi kanan dan kiri garis tengah membesar dan membentuk **Telencephalon** yang akan membentuk Hemispherium cerebri. Selain itu, Diencephalon turut berasal dari Prosencephalon. Ventriculus tertius berevolusi di antara Diencephalon dan Mesencephalon. Di bawah **Mesencephalon**, terbentuklah Metencephalon beserta dua komponen utamanya, yakni Pons dan Cerebellum. **Myelencephalon** kemudian terbentuk di kaudal; di dalamnya, tercakup Ventriculus quartus dan Medulla oblongata serta transisi menuju Medulla spinalis. Ketiga vesikel Encephalon primer menimbulkan enam **vesikel Encephalon sekunder** (sepasang vesikel Telencephalon dan Di-, Mes-, Met-, dan Myelencephalon).

Gambar 12.25 Perkembangan Encephalon: vesikel-vesikel Encephalon sekunder; skema dilihat dari lateral. [21]
Dalam minggu ke-6, batas-bata Telencephalon, Diencephalon, Mesencephalon, Metencephalon, dan Myelencephalon sudah jelas terlihat. Mangkuk optik terlihat di antara Telencephalon dan Diencephalon. Perkembangan Cerebellum bermula sebagai perluasan Rhombencephalon ke arah lateral. Cerebellum yang sedang berkembang terlihat di aspek dorsal Metencephalon.

Catatan Klinis

Gagal menutupnya Tuba neuralis di sisi rostral (Neuroporus rostralis terbuka) mencegah terjadinya perkembangan yang layak dari tiga vesikel Encephalon yang layak. Proses induksi yang salah arah menyebabkan terbentuknya jaringan saraf yang acak dan tidak berkembang baik. Buruknya Perkembangan Encephalon ini menyebabkan buruknya perkembangan Cranium. Terbentuk Cranium fasial (Viscerocranium) tetapi Encephalon beserta wadahnya (Neurocranium) tidak terbentuk **(anensefali)**. Malformasi ini mematikan.

Perkembangan Encephalon

Gambar 12.26 Perkembangan Encephalon; potongan medial.
Dalam **minggu ke-8**, masing-masing struktur Encephalon sudah bisa dibedakan satu sama lain. Telencephalon dan Diencephalon berasal dari Prosencephalon. Thalamus di dalam Diencephalon dan N.oculomotorius [III] yang keluar dari Mesencephalon menjadi jelas terlihat. Rhombencephalon telah terdiferensiasi menjadi Metencephalon dan Medulla oblongata (Myeloencephalon). Pons dan Cerebellum berasal dari Metencephalon. Medulla oblongata diikuti oleh Medulla spinalis.

Gambar 12.27 Perkembangan Encephalon; dilihat dari sisi kiri.
Dalam **minggu ke-20** (panjang ubun-ubun—bokong sekitar 20 cm), pertumbuhan Telencephalon telah berkembang sedemikian pesat. Telencephalon sudah tersusun atas Lobi frontalis, parietalis, occipitalis et temporalis. Akan tetapi, Lobus insularis belum sepenuhnya diselubungi oleh Lobi fontalis, parietalis et temporalis. Dari semua struktur Truncus encephali, hanya bagian-bagian Pons, Cerebellum dan Medulla oblongata yang masih terlihat.

Gambar 12.28a hingga d Perkembangan Hemispherium cerebri kiri, Diencephalon dan Truncus encephali; gambar skema; dilihat dari lateral. [20]
Di minggu ke-14, permukaan Telencephalon masih begitu mulus. Kemudian, Cortex cerebri mengalami tahap-tahap **perkembangan sulci dan gyri secara berurutan**. Selain itu, pembentukan Insula ditutupi oleh Lobi frontalis, parietalis et temporalis.

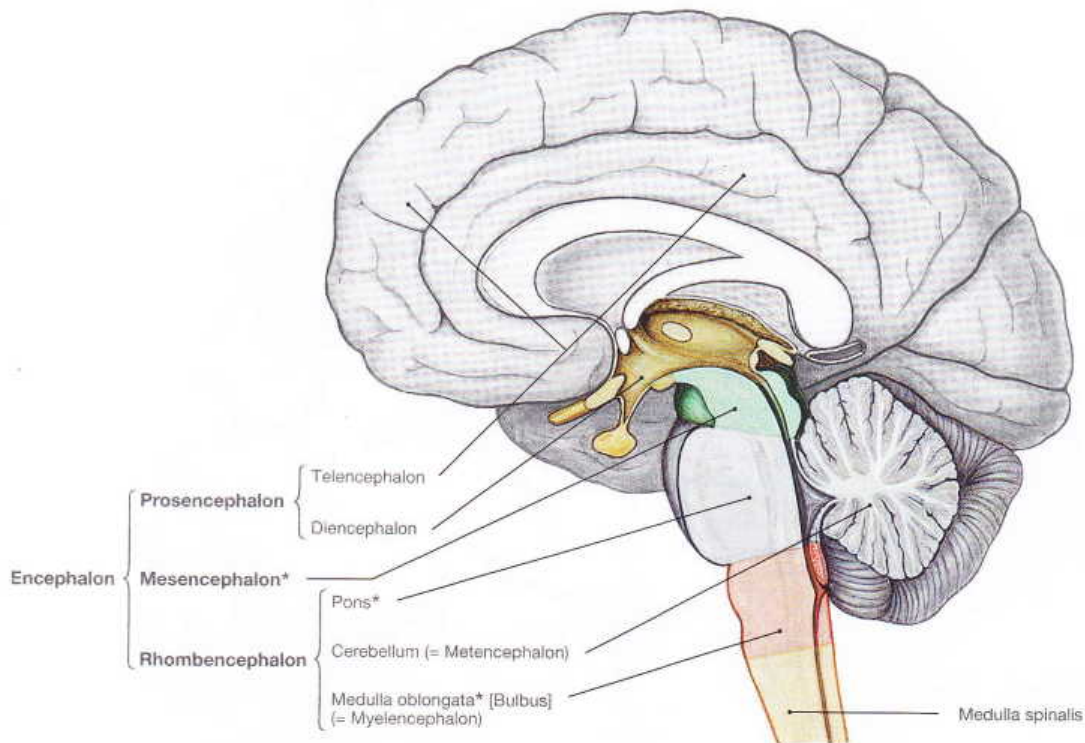
Perkembangan Encephalon

Gambar 12.29a hingga d Pembentukan Cranium bifidum dan berbagai macam hernia Encephalon dan/atau Meninges, skema. [20]

- **a** Kepala neonatus dengan herniasi yang begitu besar di area Occipital. Lingkaran merah yang atas menandakan defek di Fonticulus minor, sementara lingkaran merah yang bawah menandakan defek di area Foramen magnum.
- **b** **Meningokel:** kantong hernia dibentuk oleh kulit dan Meninges dan diisi oleh Liquor cerebrospinalis.
- **c** **Meningoensefalokel:** kantong hernia terdiri atas bagian Cerebellum yang mengalami prolaps dan ditutupi oleh Meninges dan kulit.
- **d** **Meningohidroensefalokel:** kantong hernia terdiri atas bagian Lobus occipitalis yang mengalami prolaps dan Cornu posterior ventriculus lateralis.

Gambar 12.30 Meningoensefalokel. [20]

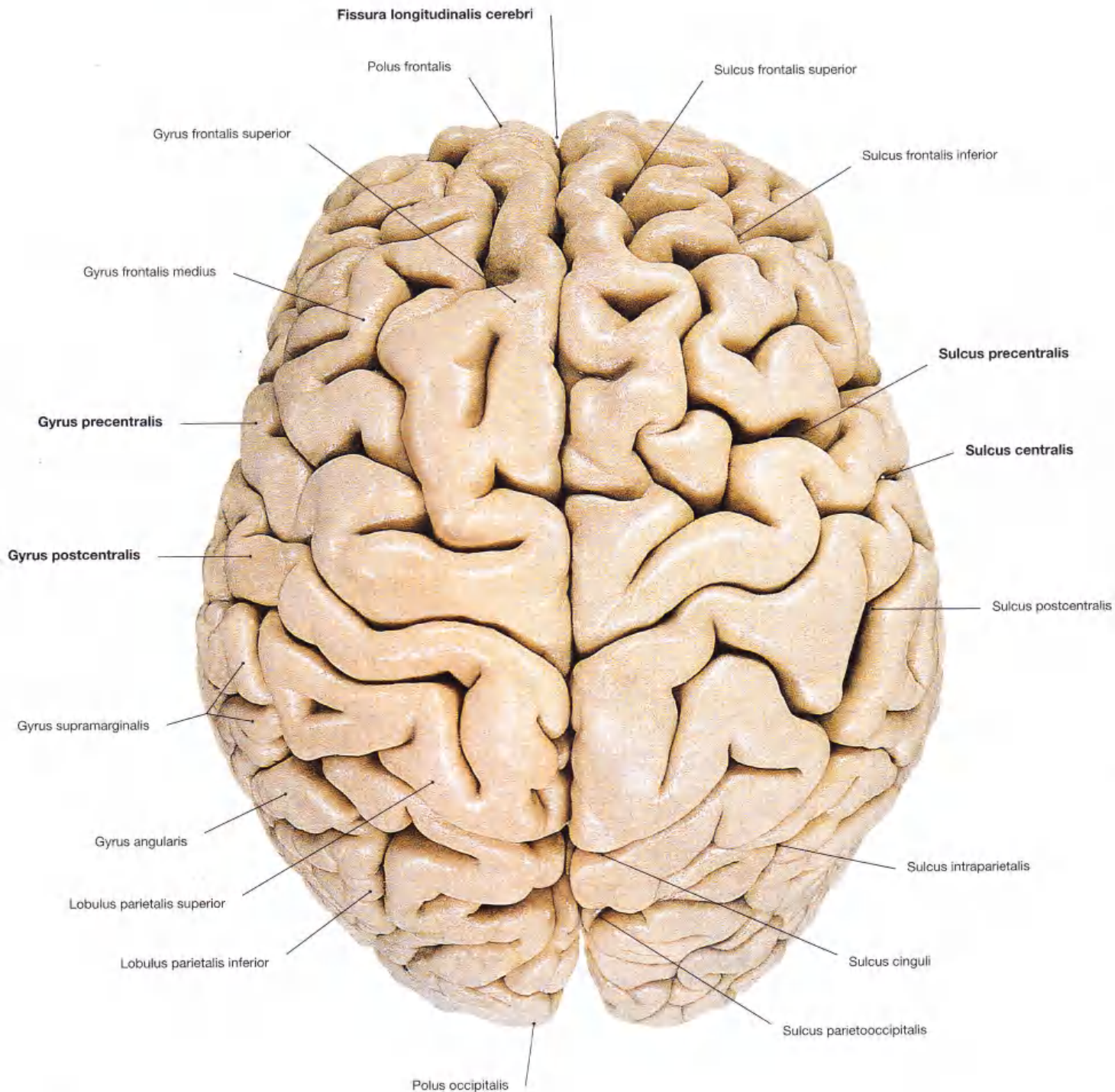
Catatan Klinis

Ensefalokel (Hernia cerebri, prolaps otak bagian luar, cranium bifidum) adalah defek yang disebabkan oleh penutupan Tuba neuralis yang tidak lengkap selama perkembangan janin disertai celah di median Cranium (di akar hidung, dahi, Basis cranii, atau oksiput). Bagian Meninges **(meningokel)** atau Encephalon (**meningoensefalokel**) tanpa disertai ventrikel otak (**cenensefalokel**), atau termasuk bagian ventrikular (**ensefalosistokel, meningohidroensefalokel**) bisa menonjol ke dalam celah.

Pengaturan Encephalon

Gambar 12.31 Pengaturan sistem saraf pusat; potongan median; gambar skema. Bagian Encephalon yang menyusun Truncus encephali ditandai oleh bintang (*).
Berdasarkan perkembangan Encephalon dari tiga vesikel Encephalon primer (otak depan [Prosencephalon], otak tengah [Mesencephalon], dan otak belakang [Rhombencephalon]), Encephalon terbagi menjadi Telencephalon, Diencephalon, Mesencephalon, Pons, Cerebellum (Metencephalon), dan Medulla oblongata.

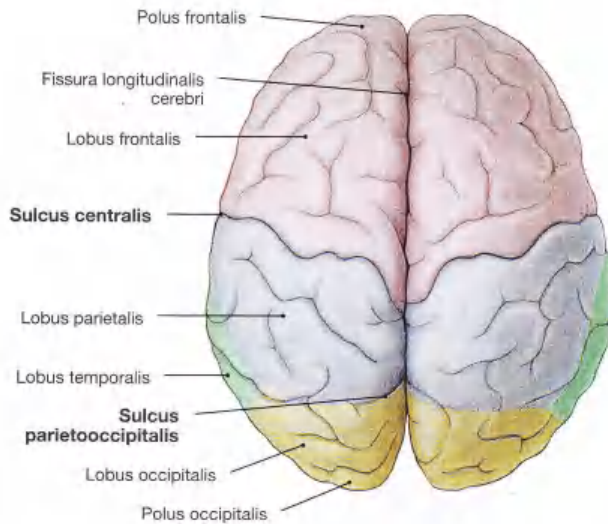
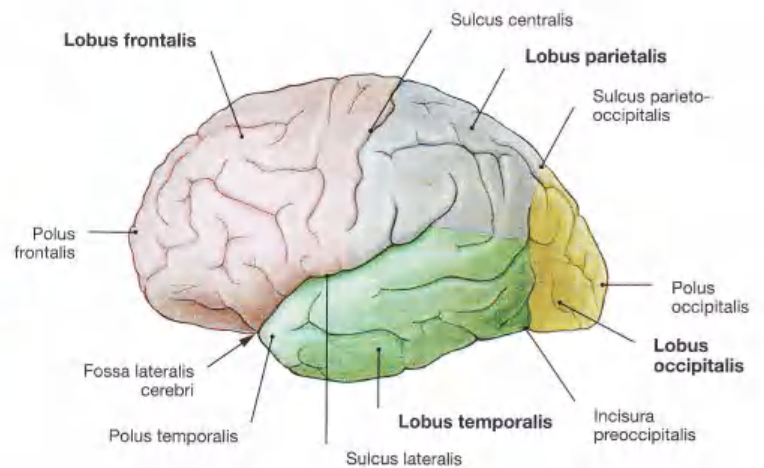
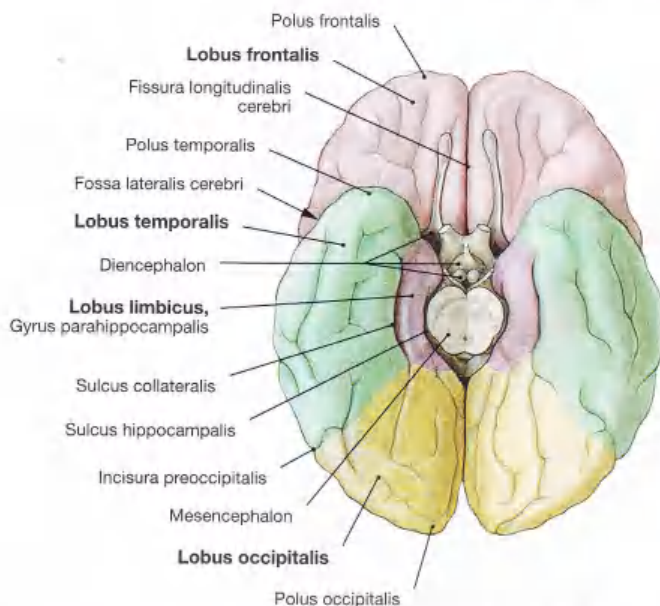
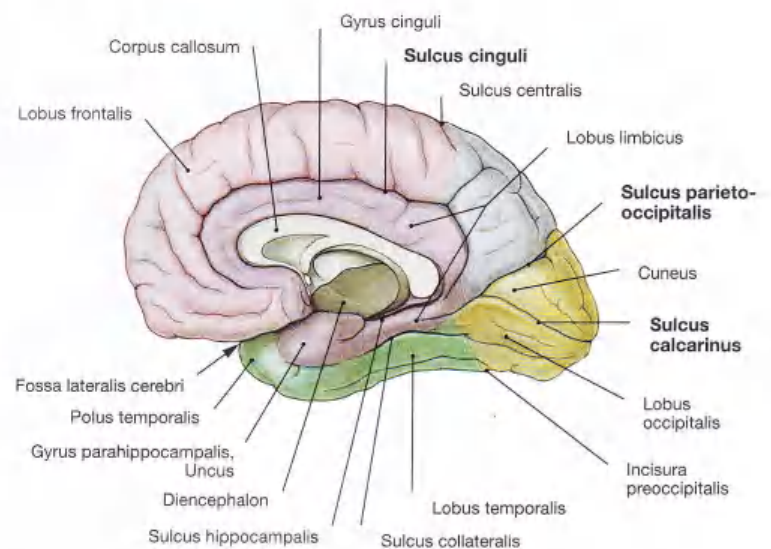
Catatan Klinis

Volume Encephalon rata-rata berkisar antara 1000 hingga 1400 cm^3. Sering kali, tetapi tidak selalu, volume Encephalon yang lebih kecil dijumpai bersama dengan gangguan mental. Akan tetapi, tidak ada hubungan antara ukuran Encephalon dan kepandaian. Di lain pihak, tidak semua gangguan mental dijumpai bersama dengan ukuran Encephalon yang kecil.

Telencephalon, cortex

Gambar 12.32 Cerebrum; dilihat dari superior, setelah Leptomeninx diangkat.
Cerebrum menyusun sebagian besar Encephalon. Cerebrum terdiri atas **dua Hemispherium** yang dipisahkan oleh **Fissura longitudinalis cerebri**. Selama tahap-tahap perkembangan awal, Cerebrum memiliki permukaan yang mulus. Pertumbuhan yang pesat menyebabkan terbentuknya **Sulci** dan **Gyri**. Pelipatan ini sangat meningkatkan daerah permukaan Cerebrum dan, akibatnya, dua pertiga daerah permukaan Cerebrum tidak tampak oleh mata.

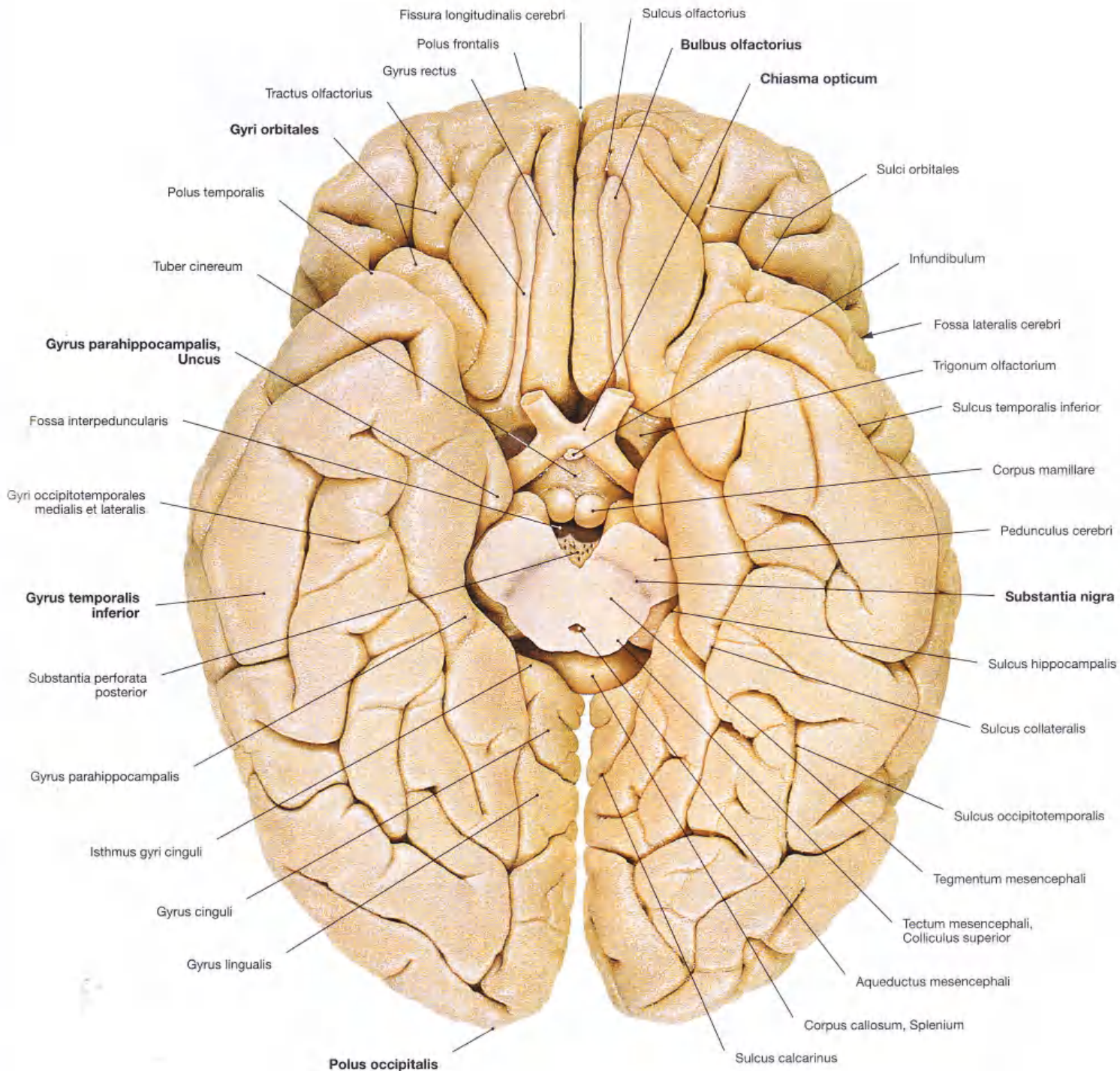
Catatan Klinis

Atrofi Encephalon timbul seiring usia. Hal ini terjadi bersamaan dengan pembesaran Sulci dan penyempitan Gyri. Kesulitan mengingat yang timbul secara bertahap seiring bertambahnya usia tidak secara langsung disebabkan oleh atrofi Encephalon, tetapi terutama oleh sebab durasi fase tidur gelombang pendek (tidur dalam) yang lebih pendek. Fase tidur dalam ini berkurang secara bermakna seiring pertambahan usia. Tidur dalam menyusun hingga 19% tidur pada individu yang berusia hingga 26 tahun, sementara proporsi ini menurun hingga 3% dalam kelompok usia 36 hingga 50 tahun. Penelitian membuktikan bahwa hal ini berkaitan dengan penurunan fungsi memori.

Telencephalon, pengaturan Lobi

Gambar 12.33 Lobi cerebri; dilihat dari superior. Mendekati akhir bulan ke-8 perkembangan janin, Sulci utama menjadi jelas terlihat (→ Tabel). Sulci ini selalu dijumpai di semua manusia. Sudut pandang atas memperlihatkan Sulcus centralis dan Sulcus parietooccipitalis.

Gambar 12.34 Lobi cerebri; dilihat dari sisi kiri. Masing-masing Hemispherium cerebri terbagi menjadi empat Lobi:
- Lobus frontalis
- Lobus parietalis
- Lobus temporalis
- Lobus occipitalis

Gambar 12.35 Lobi cerebri; dilihat dari inferior. Selain empat Lobi cerebri yang disebutkan di dalam legenda Gambar 12.34, dapat terlihat **Lobus limbicus** (terutama tersusun atas Gyrus cinguli dan Gyrus parahippocampalis beserta Uncus) serta Lobus insularis (Insula, tidak tampak, karena tertutup oleh opercula Lobi frontalis, parietalis et temporalis).

Gambar 12.36 Lobi cerebri; dilihat dari medial. Sulci sekunder dan tersier di dalam Telencephalon menunjukkan keragaman dalam tiap individu. Di banyak tempat, penetapan batas antara masing-masing Lobus tidak bersifat mengikat (contohnya, Incisura preoccipitalis).

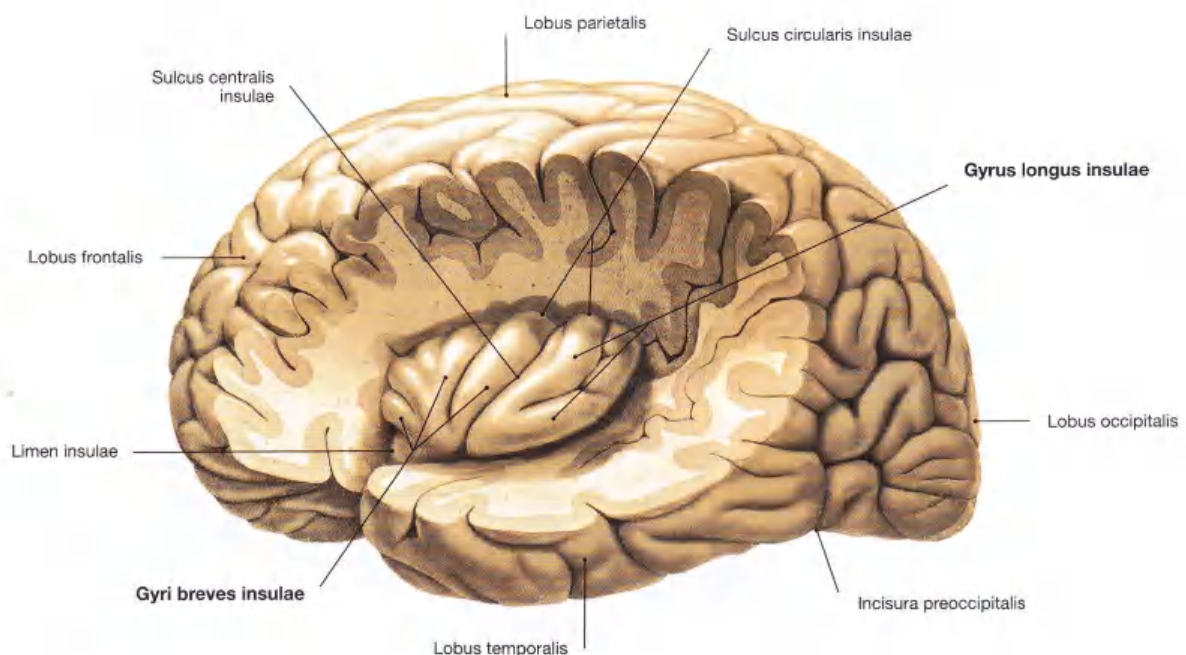
Sulci Utama dalam Cortex Cerebri

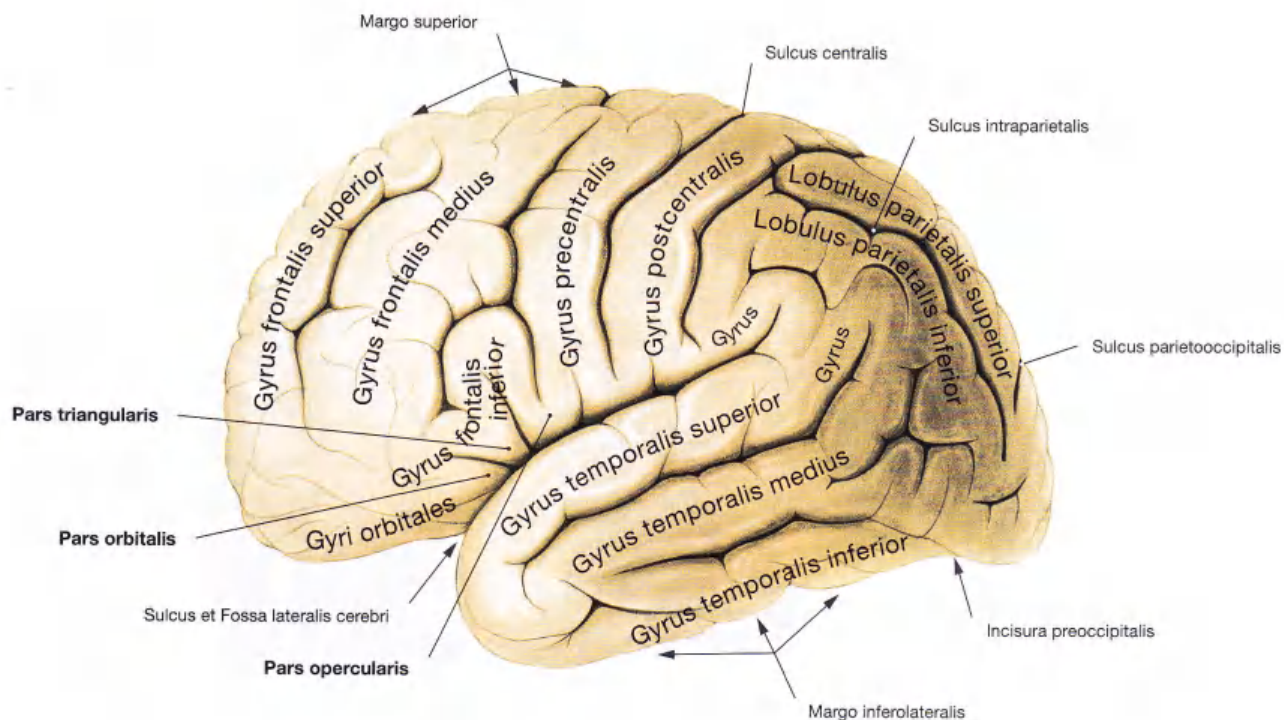
Sulcus	Lokasi/Proyeksi
Sulcus centralis	terbentang di antara Lobus frontalis dan Lobus parietalis; memisahkan Gyrus precentralis (motorik) dan Gyrus postcentralis (sensorik)
Sulcus lateralis	memisahkan Lobus frontalis, Lobus parietalis dan Lobus temporalis; jauh di dalamnya, terletak Fossa lateralis dan Insula.
Sulcus parietooccipitalis	terbentang dari batas atas permukaan medial Hemispherium hingga ke Sulcus calcarinus; memisahkan Lobus parietalis dan Lobus occipitalis
Sulcus calcarinus	seperti Sulcus parietooccipitalis, Sulcus calcarinus terbentang di permukaan medial Hemispherium dan keduanya membatasi Cuneus
Sulcus cinguli	memisahkan Gyrus cinguli (Lobus limbicus) dari Lobus frontalis dan Lobus parietalis

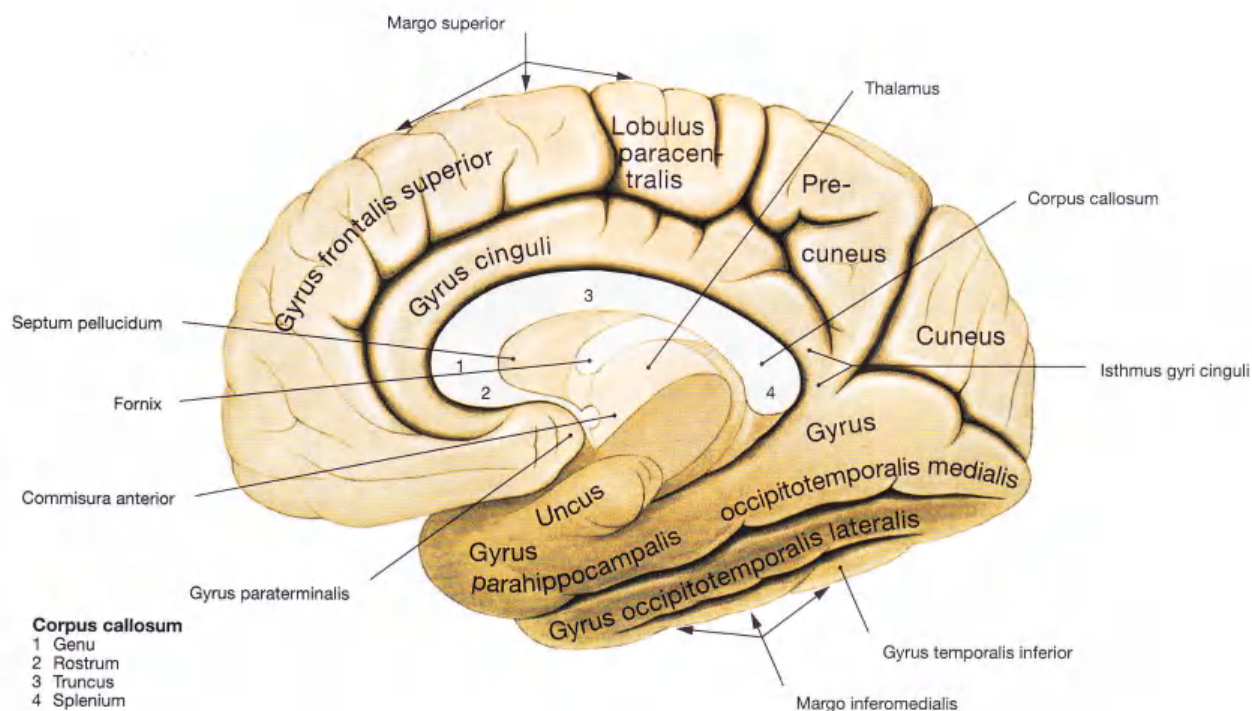
Telencephalon, cortex

Gambar 12.37 Gyri dan Sulci di Hemispherium cerebri; dilihat dari inferior; Truncus encephali telah didiseksi. Telencephalon menempati sebagian besar dasar Cerebrum. Di gambar ini, terlihat Bulbi olfactori dan Tractus olfactori menutupi Gyri orbitales. Selain itu, terlihat pula Chiasma opticum, Gyrus parahippocampalis di Lobus temporalis dengan ciri khas yakni tekukan di anteriornya, Uncus, Gyri temporales, dan Polus occipitalis. Subtantia nigra yang berwarna gelap jelas terlihat di dalam Mesencephalon.

Operculum frontale; Operculum parietale
Gyrus frontalis inferior, Pars opercularis
Sulcus precentralis
Gyrus precentralis
Sulcus centralis**
Gyrus postcentralis
Sulcus postcentralis
Sulcus lateralis, R. posterior
Sulcus intraparietalis
Gyrus supramarginalis
Gyrus angularis
Lobulus parietalis superior
Lobulus parietalis inferior
Sulcus parietooccipitalis
Sulcus temporalis superior
Sulcus lunatus
Polus occipitalis
Incisura preoccipitalis
Sulcus temporalis inferior
Gyrus temporalis inferior
Gyrus temporalis medius
Sulcus temporalis superior
Gyrus temporalis superior
Polus temporalis
Sulcus lateralis* R. anterior, R. ascendens
Gyrus frontalis inferior, Pars orbitalis
Gyrus frontalis inferior, Pars triangularis
Polus frontalis
Gyrus frontalis medius
Gyrus frontalis superior

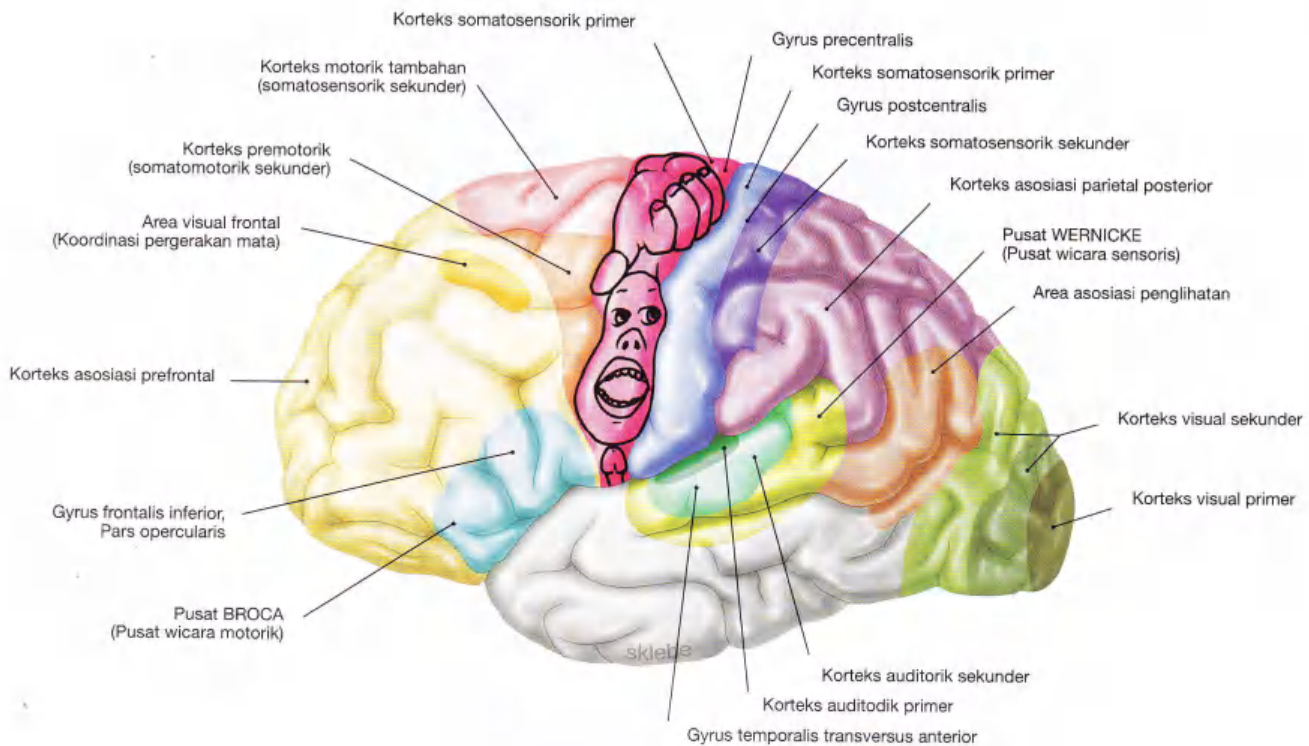
Gambar 12.38 Gyri dan Sulci di Hemispherium cerebri; dilihat dari sisi kiri.
Meski Gyri dan Sulci yang ditekankan di dalam gambar dapat dijumpai di tiap Encephalon manusia (contoh, Sulcus centralis, Sulcus lateralis, atau Gyrus temporalis superior), tidak ada dua Encephalon atau bahkan dua Hemispherium dalam satu Encephalon yang memperlihatkan pola Gyri dan Sulci yang betul-betul identik. Serupa dengan sidik jari, Cortex cerebri masing-masing manusia unik.

* Fissura SYLVII
** Fissura ROLANDII atau Fissura centralis

Gambar 12.39 Gyri dan Sulci di Hemispherium cerebri; dilihat dari sisi kiri; setelah bagian-bagian Lobi frontalis, parietalis et temporalis yang menutupi Insula diangkat. Area korteks Lobi frontalis, parietalis et temporalis yang mengelilingi Sulcus lateralis disebut opercula dan telah diangkat guna memperlihatkan Insula (→ Gambar 12.38). Di Regio Insula, informasi olfaktorik (penciuman), gustatorik (pengecapan) dan viseral (organ dalam) diproses. Secara umum, Insula dianggap sebagai Lobus tersendiri.

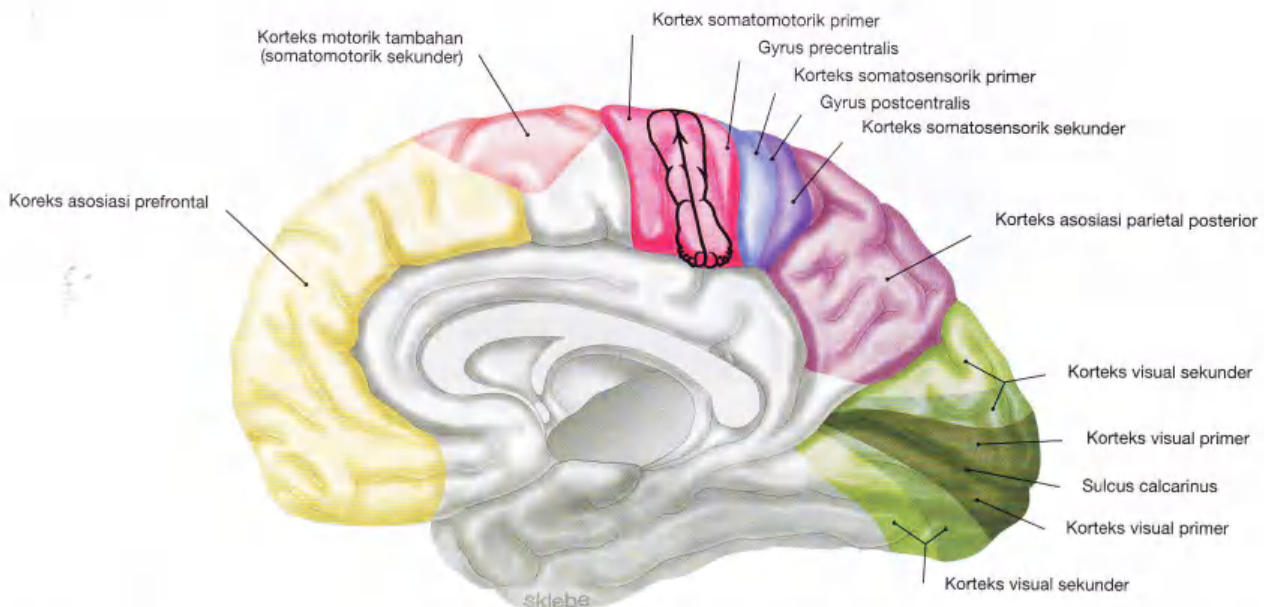
Telencephalon, cortex

Gambar 12.40 Gyri Hemispherium cerebri; dilihat dari sisi kiri.

Gyrus frontalis terbagi menjadi Pars orbitalis, Pars triangularis, dan Pars opercularis.

Gambar 12.41 Gyri Hemispherium cerebri; dilihat dari medial. Corpus callosum tersusun atas Rostrum, Genu, Corpus dan Splenium.

Selain itu, Fornix, Commissura anterior, Thalamus dan Septum pellucidum juga terlihat.

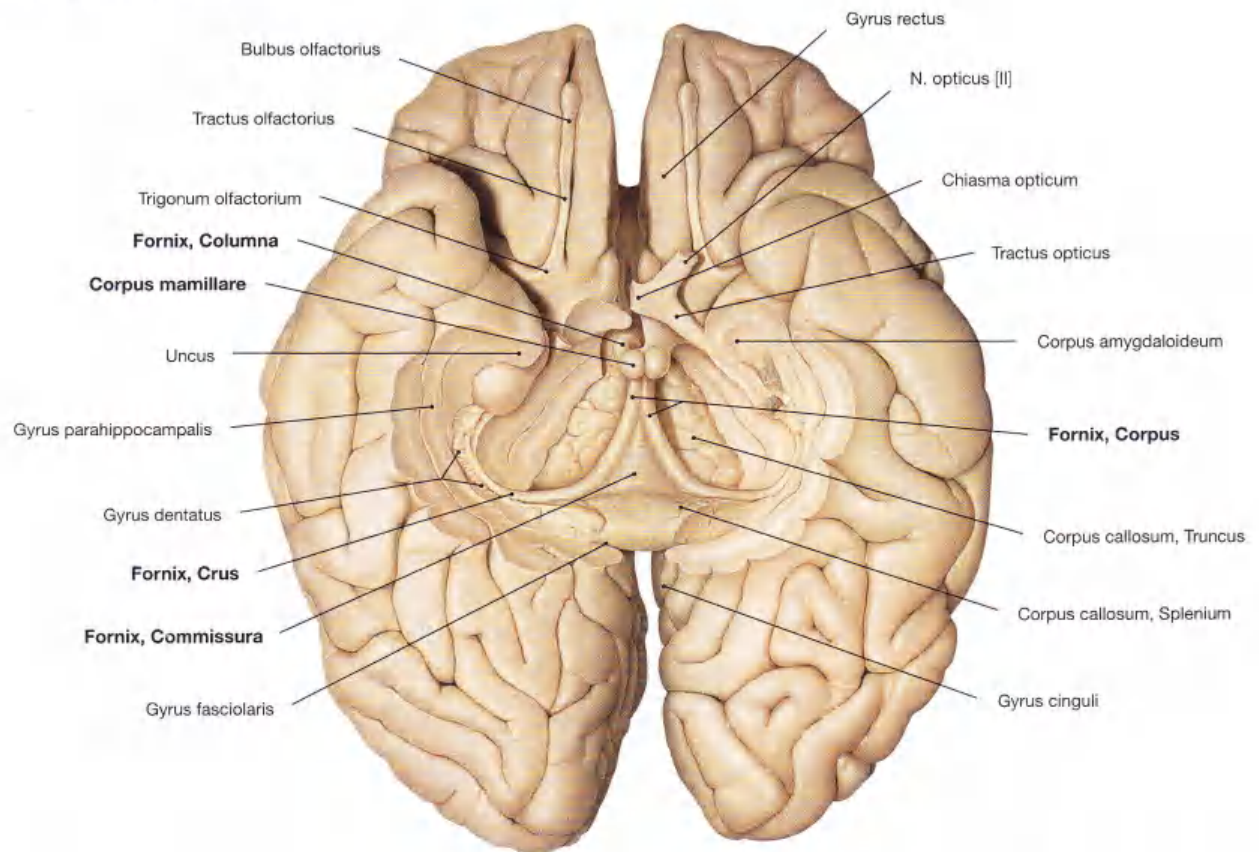
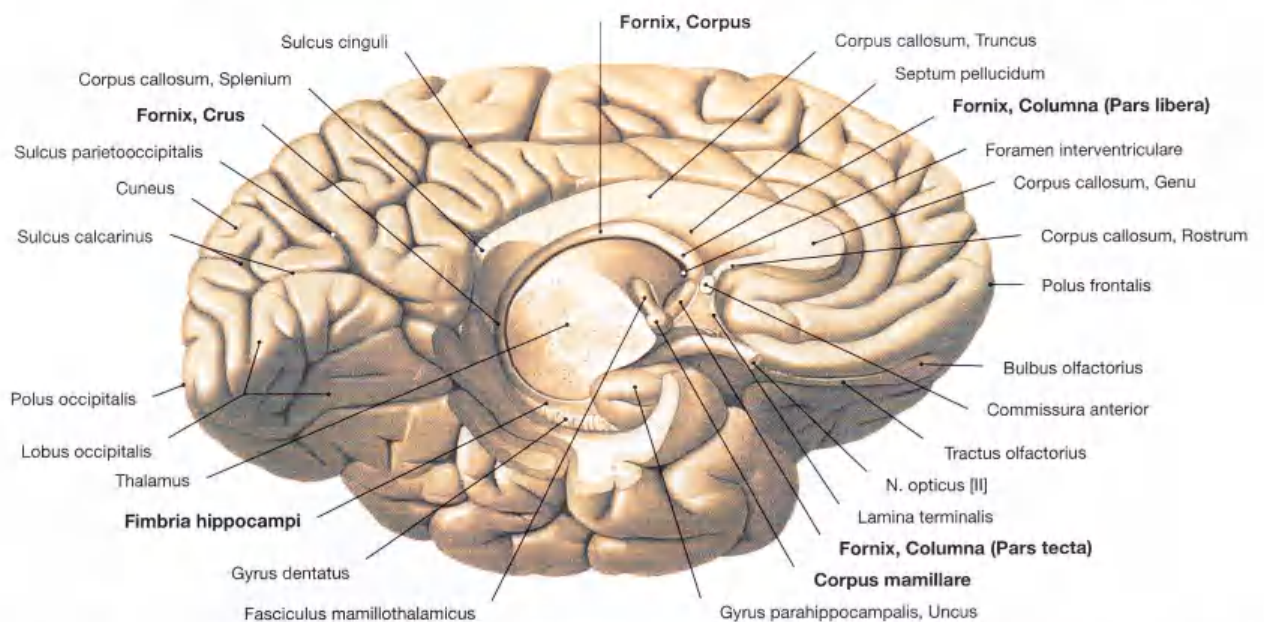
Telencephalon, area-area korteks

Gambar 12.42 Area-area korteks fungsional di Hemispherium cerebri; dilihat dari sisi kiri.

Fungsi kortikal yang lebih tinggi, seperti wicara, memerlukan kooperasi berbagai macam area kortikal. Kita bisa membedakan area kortikal primer (contoh, Gyrus precentralis, korteks somatomotorik primer) dengan area kortikal sekunder dan area asosiasi di korteks (contoh, korteks premotor, korteks motor suplementer). **Area kortikal primer** dan **sekunder** memproses informasi sensorik yang spesifik (contoh, persepsi dan interpretasi impuls visual oleh korteksi visual di Lobus occipitalis). **Area asosiasi kortikal** (contoh, korteks asosiasi prefrontal) mengisi sebagian besar korteks dan berperan mengintegrasikan beragam pola informasi yang rumit. Gambaran karakter mirip manusia (homonkulus) mencerminkan struktur somatotopik di korteks somatomotor primer. Korteks auditorik primer dan sekunder serta pusat WERNICKE meluas di sepanjang batas atas dan permukaan dalam Lobus temporalis.

→ T 59

Gambar 12.43 Area-area korteks fungsional di Hemispherium cerebri; dilihat dari medial.

Gambaran skematik homonkulus yang ditunjukkan di gambar ini dan → Gambar 12.42 secara kasar mencerminkan pengaturan somatotopik.

→ T 59

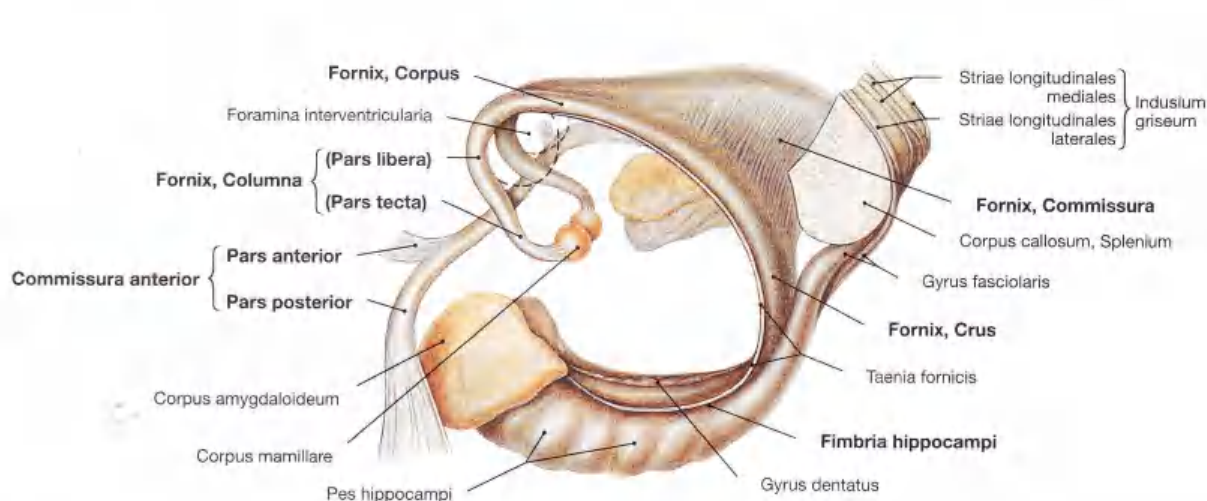
Telencephalon, Fornix

Gambar 12.44 Fornix; dilihat dari inferior; setelah bagian basal Encephalon diangkat.
Fornix adalah suatu struktur berpasangan yang terdiri atas crus, commissura, corpus serta columna. Fornix berasal dari Hippocampus dan Subiculum di Lobus temporalis dan arkus di atas Ventriculus tertius yang berjalan menuju Corpus mamillare. Fornices dari kedua sisi menyatu (Commissura fornicis) sebelum mencapai Corpora mamillaria. Di Commissura fornicis, terjadi **pertukaran serat**.

Gambar 12.45 Fornix; dilihat dari inferior medial; Fornix adalah satu traktus yang penting di dalam sistem limbik. Tampak serabut penghubung ke Nucleus anterior hypothalami, Thalamus, dan Habenulae. Gambar di atas menunjukkan topografi hubungan Fornix dengan struktur lain.

Catatan Klinis

Seperti Fornix dan Hippocampus, Corpora mamillaria menjadi bagian dari sistem limbik. Meski peran yang sesungguhnya tidak diketahui, Corpora mamillaria kemungkinan berperan dalam proses penyimpanan ingatan. Alkoholisme kronik bisa menghancurkan Corpora mamillaria, sehingga ingatan menghilang, timbul disorientasi dan konfabulasi (penciptaan memori dan keyakinan palsu) (**sindrom KORSAKOFF**). Sang penderita mencoba menciptakan "cerita" palsu untuk menutupi celah-celah ingatannya.

Telencephalon, Fornix dan Commissura anterior

Fissura longitudinalis cerebri
(Centrum semiovale)
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Commissura anterior
Chiasma opticum
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
Pons
Flocculus
Plexus choroideus ventriculi quarti
Hemispherium cerebelli
Medulla oblongata
N. oculomotorius [III]
N. trochlearis [IV]
N. trigeminus [V]
N. abducens [VI]
N. facialis [VII]
N. vestibulocochlearis [VIII]
N. glossopharyngeus [IX]
N. vagus [X]
N. accessorius [XI]
N. hypoglossus [XII]

Gambar 12.46 Commissura anterior dan Truncus encephali; dilihat dari inferior; setelah bagian-bagian Basis cerebrii diangkat sebagian. Commissura anterior tersusun atas serabut-serabut commisural. Terletak di dinding anterior Ventriculus tertius, Commissura anterior mencerminkan sistem commisural milik paleocortex. Pars anterior commissura anterior berukuran kecil dan menghubungkan dua Tractus olfactorii dengan korteks olfaktorium di kedua Hemispherium. Pars dorsal commissura anterior yang jauh lebih berkembang memfasilitasi pertukaran serabut antara bagian-bagian rostral Lobus temporalis (khususnya Cortex dan Corpora amygdaloidea).

Gambar 12.47 Commissura anterior, Fornix dan Indusium griseum; dilihat dari sisi kiri.

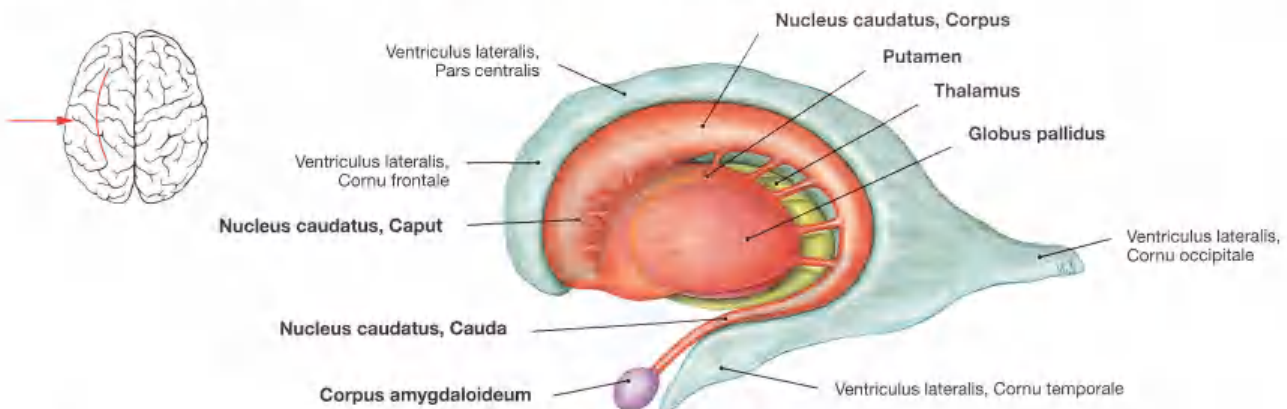
Semua struktur yang diperlihatkan di sini merupakan bagian dari **sistem limbik**, suatu konsep fungsional yang mendapat masukan dari Telencephalon, Diencephalon dan Mesencephalon. Struktur-struktur yang terkait antara lain Hippocampi, Corpora amygdaloidea, Gyri cinguli dan Nuclei septales. Sistem limbik mengatur berbagai macam fungsi, tidak hanya impuls, pembelajaran, ingatan, emosi, tetapi juga mengatur pengaturan asupan makan, pencernaan, dan reproduksi lewat sistem saraf otonom.

Commissura anterior adalah satu sistem serabut (serabut-serabut commisural) yang tersusun atas Pars anterior dan Pars posterior. Pars anterior menghubungkan Tractus olfactorii dan Korteks olfaktorik di kedua sisi. Pars posterior menghubungkan bagian-bagian rostral Lobus temporalis (khususnya Cortex dan Corpora amygdaloidea). Corpus amygdaloideum terhubung dengan Hippocampus.

Hippocampus memperlihatkan Digitationes hippocampi milik Pes hippocampi dan Fibria hippocampi, yang bertransisi ke dalam crus Fornix. Pertukaran serabut terjadi di regio Columna. Di bagian-bagian rostralnya, Columnae fornix terus berlanjut sebagai Pars libera dan Pars tecta serta berakhir di Corpora mamillaria. Pars tecta terhubung ke Corpus mamillare.

Telencephalon, Ganglia basalis

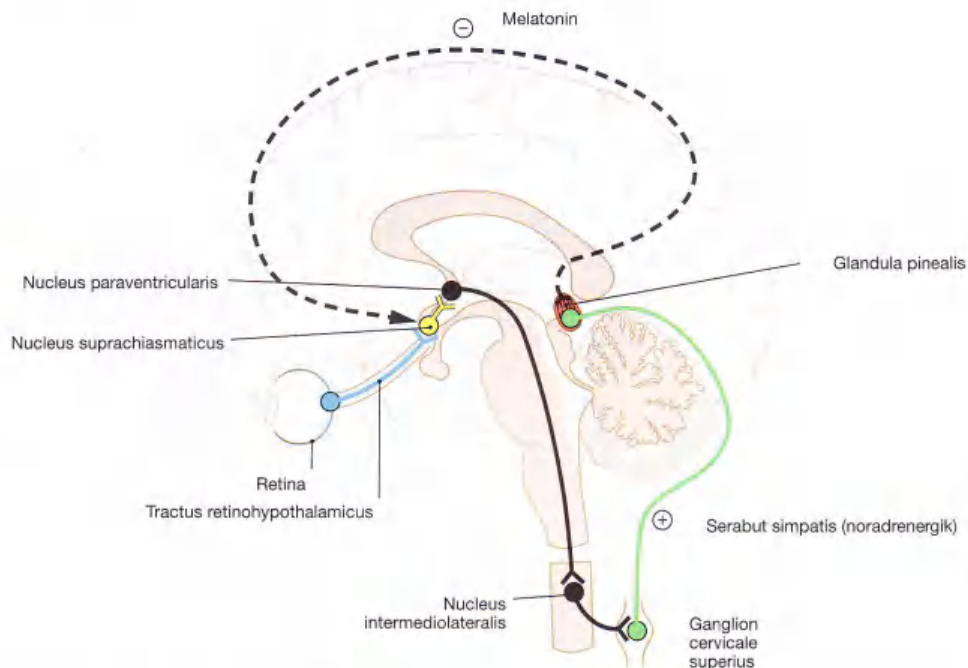
Sinus sagittalis superior
Sinus sagittalis inferior
V. thalamostriata superior
Vv. superiores cerebri, Vv. parietales
Caput nuclei caudati
V. interna cerebri
Thalamus
Putamen
Globi pallidi lateralis et medialis
Vv. mediae superficiales cerebri
Insula
Claustrum
Ventriculus tertius
V. media profunda cerebri
Hippocampus
Vv. inferiores cerebri
V. basalis
Plexus basilaris
A. basilaris
Pons
Cisterna pontocerebellaris
A. cerebri posterior
A. cerebri media, Pars sphenoidalis
Plexus choroideus ventriculi tertii
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
Corpus amygdaloideum
Aa. centrales anterolaterales
A. cerebri media, Rr. terminales
Aa. insulares
Capsula extrema
Capsula externa
Capsula interna
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Fornix, Corpus
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Corpus callosum, Truncus
A. pericallosa
A. callosomarginalis

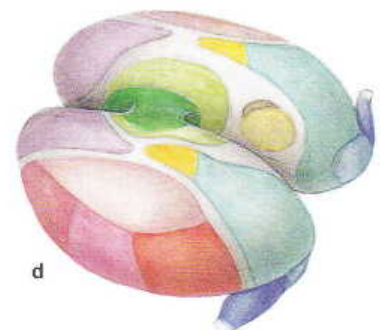
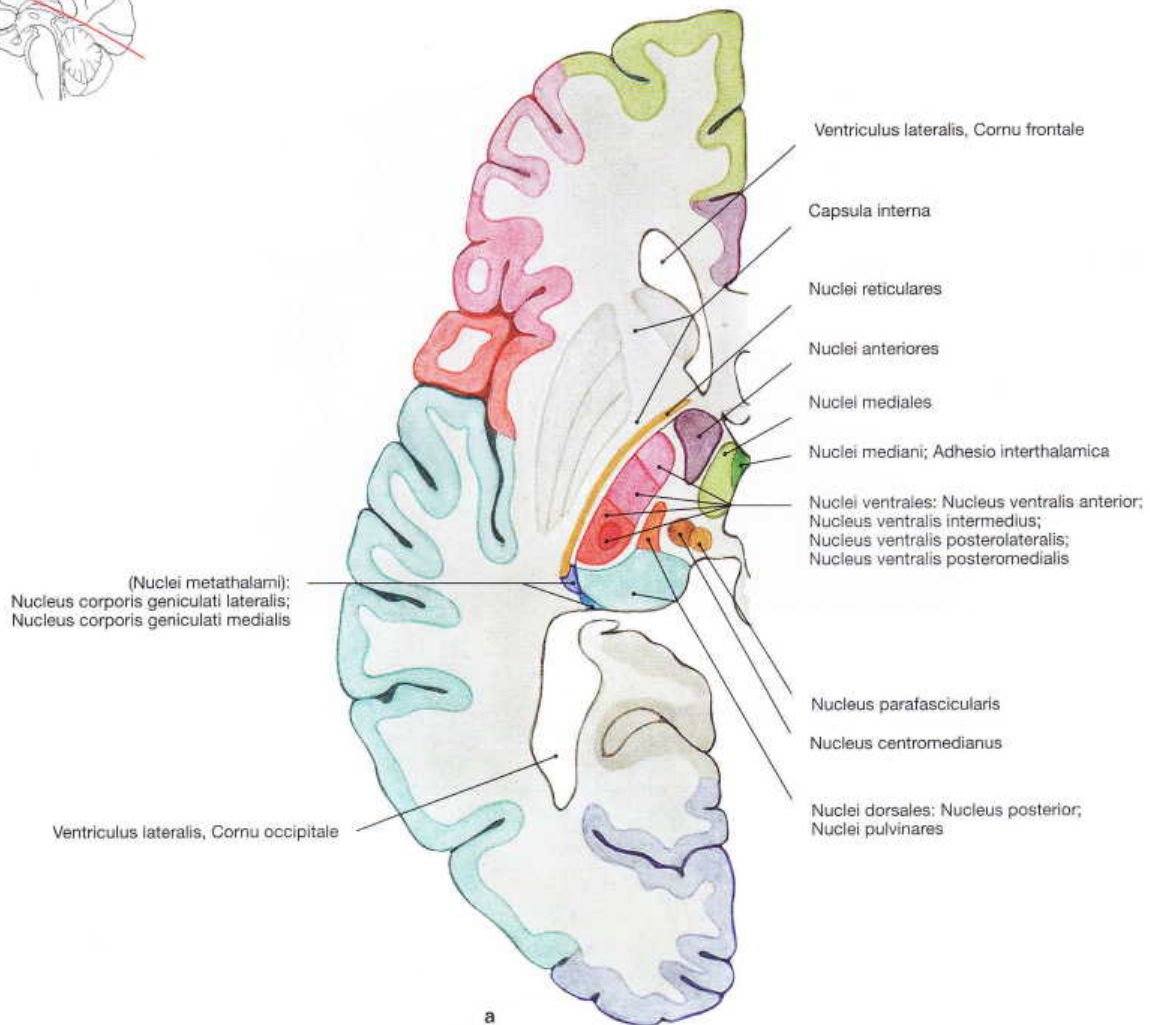
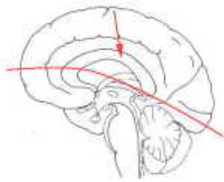
Gambar 12.48 Pasokan darah Ganglia basalis; potongan frontal; dilihat dari posterior; Arteriae diperlihatkan di sisi kanan dan Venae di sisi kiri. Ganglia basalis dipasok oleh cabang-cabang A.cerebri media. Di perjalanannya menuju Fossa lateralis, A.cerebri media memberi percabangan Aa.centrales anterolaterales (Aa.thalamostriatae anterolaterales, Aa.lenticulostriatae) bagi Ganglia basalis dan Capsula interna. Darah vena disalir oleh V.media profunda cerebri dan V. interna cerebri.

Gambar 12.49 Ganglia basalis dan Thalamus; dilihat dari sisi kiri. Gambar ini memperlihatkan hubungan topografik antara Ventriculus lateralis, Nucleus caudatus, Corpus amygdaloideum, Putamen, Globus pallidus, dan Thalamus. Nuclei ini secara kolektif dinamakan Ganglia basalis, mencakup Corpus striatum (Nucleus caudatus dan Putamen) dan Globus pallidus serta Nucleus subthalamicus dan Substantia nigra di Mesencephalon (tidak terlihat).

Ganglia basalis merupakan bagian integral dari berbagai macam lengkung umpan balik kortikal (Cortex-Ganglia basalis-Thalamus-Cortex) dan berpartisipasi dalam keluaran motorik dari korteks. Fungsi utama mereka adalah memodulasi aktivitas motorik (kekuatan, arah, rentang gerakan). Impuls yang mencapai Ganglia basalis dimodulasi sehingga secara langsung memperkuat, atau secara tidak langsung menghambat, aktivitas motorik.

Catatan Klinis

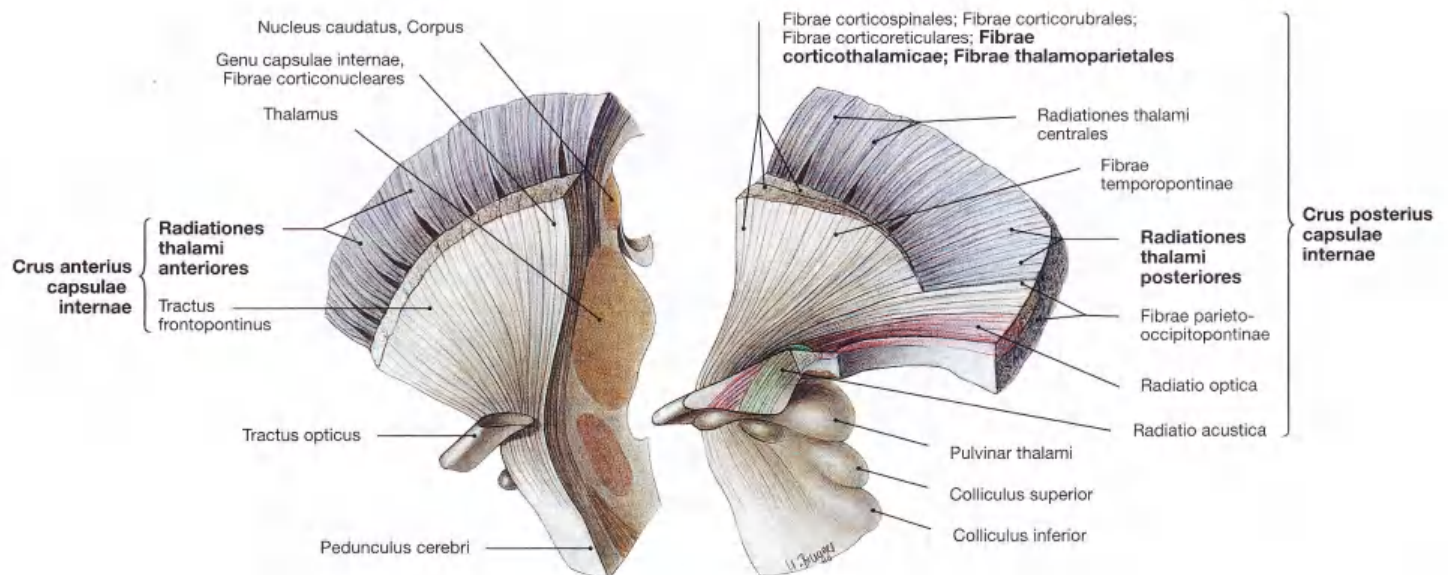
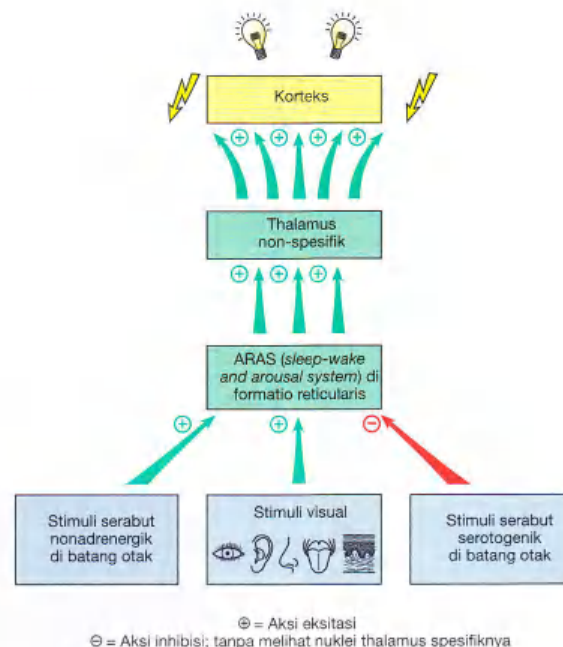
Aa. centrales anterolaterales bercabang dari A.cerebri media dengan sudut yang hampir tegak lurus; ini membuatnya mudah mengalami turbulensi aliran darah dan mudah terbentuk plak arteriosklerotik sekunder di tempat ini. Penderita tekanan darah tinggi (hipertensi arterial) sering kali menderita **oklusi** di tempat-tempat percabangan yang penting ini. Oklusi serta **perdarahan** dari pembuluh darah ini menyebabkan nekrosis di daerah-daerah Ganglia basalis dan Capsula interna, sehingga timbul hemiplegia kontralateral. Bergantung lokasi **kerusakan Ganglia basalis**, bisa timbul gangguan gerakan hiper- atau hipokinetik berat (distonia).

Gambar 12.50 Ventriculus tertius dan Diencephalon; potongan median.
Secara filogenetis, Diencephalon berasal dari Prosencephalon dan terletak di antara Telencephalon dan Mesencephalon. Diencephalon mengelilingi Ventriculus tertius dan membagi diri menjadi Epithalamus, Thalamus (dorsalis), Hypothalamus dan Subthalamus (Thalamus ventralis). Commissura anterior dan Lamina terminalis mencerminkan batas rostral Diencephalon (dari Commissura anterior hingga ke Chiasma opticum). Commissura posterior, Commissura habenularum, dan Glandula pinealis menyusun batas inferior Diencephalon.

Gambar 12.51 Sirkuit saraf yang melibatkan pengaturan Glandula pinealis; skema potongan median. (menurut [2])
Epithalamus tersusun atas Striae medullares thalami, Habenulae, Nuclei habenulares, Commissura habenularum, Commissura posterior (epithalamica), Area pretectalis, dan Glandula pinealis. Produksi **melatonin** di dalam pinealosit Glandula pinealis dipengaruhi oleh cahaya. Melatonin merupakan regulator irama sirkadian yang sangat penting dan bekerja dengan memengaruhi fungsi organ endokrin lain. Selain itu, melatonin bekerja di Nucleus suprachiasmaticus dan, melalui lengkung umpan balik, memodulasi perannya dalam mensinkronisasi irama endogen dengan irama lingkungan.
Rangkaian **sirkuit** ini dimulai di fotoreseptor retina yang mengirim sinyal ke Nucleus suprachiasmaticus di Hypothalamus (Tractus retinohypothalamicus). Informasi ini diteruskan ke Nucleus paraventricularis di Hypothalamus, dan dari sini diteruskan ke Ganglion cervicale superius sistem simpatik, dan mencapai pinealosit di Glandula pinealis. Produksi melatonin meningkat di tengah kegelapan.

Diencephalon, Thalamus

Gambar 12.52a hingga d Nuclei dan proyeksi kortikal Thalamus
Nuclei dan proyeksi kortikal yang saling berkaitan diberi warna sama.

a potongan horizontal melalui Hemispherium cerebri kiri
b Hemispherium cerebri kiri dilihat dari sisi kiri (lateral)
c Hemispherium cerebri kanan dilihat dari medial
d Kedua Thalami terlihat dari sudut oblik superior

Thalamus dianggap sebagai **"pintu gerbang menuju kesadaran"**. Semua asupan sensorik ke dalam tubuh disinaps dan diintegrasikan di dalam Thalamus (kecuali sensasi olfaktorik) sebelum informasi ini mencapai Cortex. Selain itu, Thalamus berperan memodulasi aktivitas otonomik dan motorik. Thalamus tersusun atas kelompok-kelompok nuclei spesifik dan nonspesifik (lebih dari 100 area nuklear, termasuk Corpora geniculata laterale et mediale [lihat perjalanan jalur visual dan auditorik; → Gambar 12.59]). **Nuclei thalami yang spesifik** (Palliothalamus) terhubung dengan regio-regio kortikal yang jelas (proyeksi kortikal primer dan bidang-bidang asosiasi); **Nuclei thalami yang nonspesifik** (Truncothalamus) terproyeksi secara luas ke dalam Truncus encephali dan secara difus ke dalam beberapa area korteks.

→ T 60

Gambar 12.53 Radiationes thalami dan Capsula interna; dilihat dari sisi kiri; terbagi menjadi dua bagian oleh potongan frontal. Nuclei thalami terutama berproyeksi ke Cortex. Proyeksi-proyeksi ini berperan membentuk Crus anterius dan Crus posterius capsula interna. Radiationes thalami anteriores et posteriores merupakan bagian dari proyeksi-proyeksi ini, begitu pula dengan Fibrae corticothalamicae dan Fibrae thalamoparietales.

Gambar 12.54 Sistem aktivasi retikuler asendens (ARAS); Nuclei thalami yang spesifik telah disingkirkan. [23]

Nuclei mediani dan **kelompok nuclei intralaminar** (Nucleus centromedianus merupakan nucleus yang terbesar dalam kelompok ini) termasuk ke dalam kelompok Nuclei thalami nonspesifik. Terkait dengan hubungan-hubungan dengan Cortex yang luas dan difus, kelompok nuclei intralaminar terlibat dalam eksitasi Cortex yang umum dan nonspesifik. Ini membuat tubuh senantiasa awas dan waspada. Tingkat kewaspadaan ini dikendalikan oleh sinyal-sinyal dari ARAS Formatio reticularis yang mencapai Nuclei intralaminares thalami, yang kemudian mengaktifkan seluruh Cortex melalui hubungan-hubungan nonspesifik.

Catatan Klinis

Lesi Nuclei thalami nonspesifik, misalnya akibat gangguan sirkulasi darah, menyebabkan gangguan kesadaran disertai penurunan kewaspadaan.
Bergantung kepada lokasinya, kerusakan **Nuclei thalami spesifik** bisa menyebabkan gangguan sensor (Nucleus ventralis posterolateralis), hemianopsia, nyeri (nyeri thalamik), gangguan motorik seperti paralisis, ataksia (Nucleus anterior ventrolateralis) serta perubahan kepribadian.

Diencephalon, Hypothalamus, dan Hypophysis

Area hypothalamica lateralis
Nucleus paraventricularis
Stria medullaris thalami
Nucleus dorsomedialis
Nuclei preoptici
Nucleus dorsalis hypothalami
Nucleus anterior hypothalami
Area hypothalamica lateralis
Fasciculus mamillothalamicus
Tractus paraventriculo-hypophysialis
Nucleus posterior hypothalami
Nucleus suprachiasmaticus
Fasciculus mamillotegmentalis
Nuclei tegmentales
Nucleus supraopticus
(Nuclei corporis mamillaris)
Tractus supra-opticohypophysialis
Nucleus ruber
Tractus hypothalamo-hypophysialis
Nucleus ventromedialis hypothalami
Adenohypophysis
Nuclei tuberales et arcuati [infundibulares]
Neurohypophysis

Gambar 12.55 Hypothalamus; dilihat dari medial; gambaran umum, nuclei diperlihatkan secara translusens.

Sebagai lantai Diencephalon, Hypothalamus merupakan pusat pengawasan pengaturan sistem saraf otonom. Hypothalamus tersusun atas berbagai kelompok nuclei, yang menurut lokasinya, terbagi menjadi Nuclei anterior, intermedia et posterior hypothalami:

- **Nuclei anterior** hypothalami terdiri atas Nucleus suprachiasmaticus (pemacu laju utama bagi irama sirkadian, siklus tidur-bangun, suhu tubuh, tekanan darah), Nuclei paraventricularis et supraopticus (produksi hormon antidiuretik [ADH] dan oksitosin serta transport aksonal [Tractus hypothalamohypophysialis] ke Neurohypophysis), dan Nuclei preoptici (berperan dalam pengaturan tekanan darah, suhu tubuh, perilaku seks, siklus menstruasi, gonadotropin).
- **Nuclei intermedia** hypothalami terdiri atas Nuclei tuberales, dorsomedialis, ventromedialis, et arcuatus [infundibularis = semilunaris] (produksi dan sekresi hormon pelepas dan penghambat pelepasan, berperan mengatur asupan air dan makanan).
- **Nuclei posterior** hypothalami terdiri atas Nuclei corporis mamillaris di dalam Corpora mamillaria, yang terintegrasi ke dalam sistem limbik karena mendapat serabut aferen dari Fornix dan memproyeksi serabut eferen ke Thalamus (Fasciculus mamillothalamicus). Nuclein ini memodulasi fungsi seks dan berperan penting dalam aktivitas yang terkait dengan ingatan dan emosi. Nuclei ini terhubung dengan Tegmentum mesencephali via Fasciculus mamillotegmentalis.

Di kaudal Hypothalamus, Infundibulum (tangkai Hypophysis) menghubungkan Hypophysis dengan bagian Hypothalamus yang lain. Hypophysis terbagi menjadi Lobus anterior (Adenohypophysis) dan posterior (Neurohypophysis).

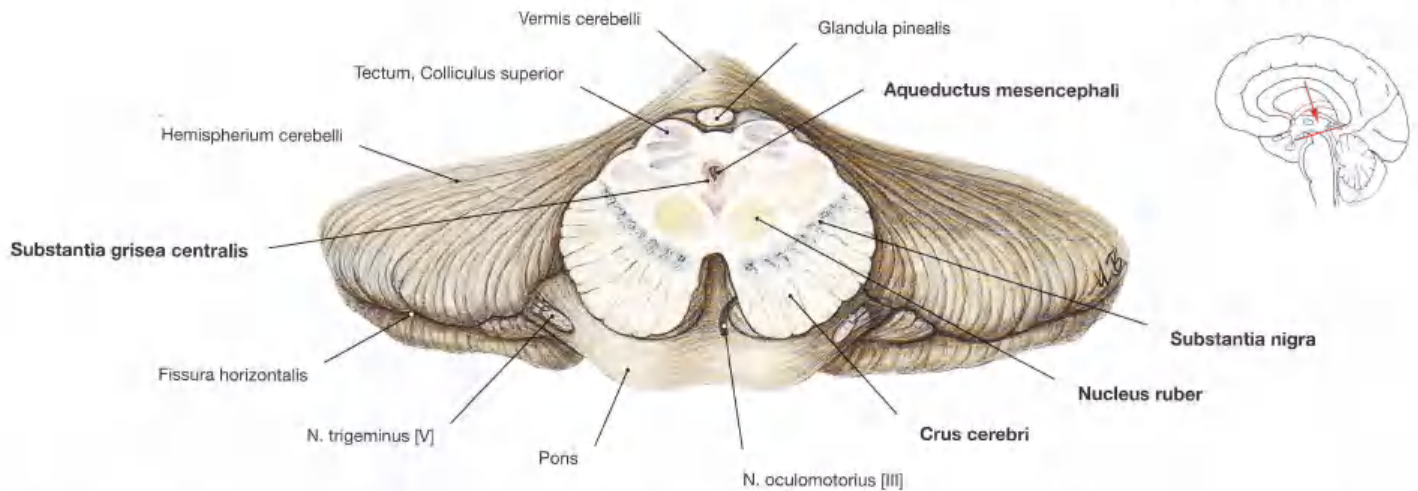
Gambar 12.56 Kaki seorang penderita akromegali (sisi kiri) dibandingkan dengan kaki orang sehat bertinggi badan sama. [7]
Akromegali disebabkan oleh produksi berlebih hormon pertumbuhan somatotropin (STH) di dalam Adenohypophysis akibat tumor jinak di Lobus anterior hypophysis, bagian Diencephalon.

Catatan Klinis

Kerusakan Nucleus paraventricularis dan khususnya Nucleus supraopticus menyebabkan defisiensi **ADH**. Akibatnya, ketidakmampuan menyerap kembali air di tubulus pengumpul di ginjal menyebabkan **diabetes insipidus**. Pasien banyak berkemih dan mengeluarkan hingga 20 liter urine setiap hari.

Akromegali menggambarkan pembesaran ekstremitas dan bagian-bagian tubuh yang menonjol (acra) seperti Manus (tangan), Pes (kaki) (→ Gambar 12.56), Mentum (dagu), Mandibula (rahang bawah), Auris (telinga), Nasus (hidung), Supercilia (alis), atau Genitalia yang melebihi normal. Ini disebabkan oleh produksi berlebih hormon pertumbuhan **STH** di Lobus anterior Hypophysis yang terutama disebabkan oleh tumor jinak dan, jarang sekali, ganas. **Gigantisme** disertai pertumbuhan dan tinggi yang luar biasa disebabkan oleh tumor penghasil STH di Lobus anterior hypophysis yang terbentuk sebelum fase pertumbuhan selesai. Setelah lempeng epifisis (lempeng pertumbuhan) tertutup, perbesaran hanya terjadi di acra.

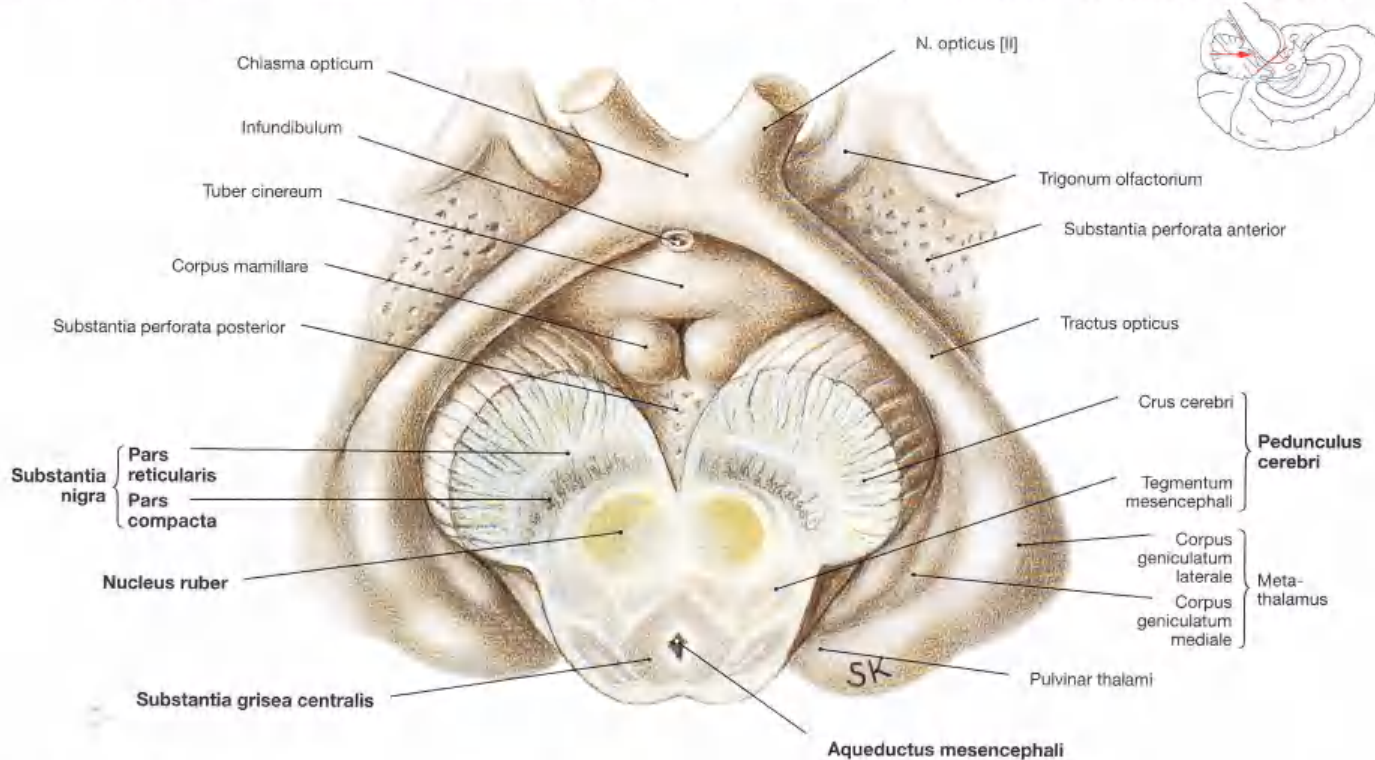
Mesencephalon

Vermis cerebelli
Glandula pinealis
Tectum, Colliculus superior
Aqueductus mesencephali
Hemispherium cerebelli
Substantia grisea centralis
Substantia nigra
Fissura horizontalis
Nucleus ruber
N. trigeminus [V]
Crus cerebri
Pons
N. oculomotorius [III]

Gambar 12.57 Mesencephalon; potongan melintang di tingkat Colliculi superiores; dilihat dari anterior.

Mesencephalon terdiri atas Basis, Tegmentum et Tectum mesencephali. Tegmentum dan Basis secara bersamaan disebut sebagai Pedunculus cerebri.

Basis mesencephali terdiri atas Crura cerebri yang mengandung berbagai macam serabut (contoh, Fibrae corticonucleares).

Tegmentum mesencephali terdiri atas Substantia grisea centralis yang mengelilingi Aqueductus mesencephali (berpartisipasi dalam peredaman nyeri dari pusat, memfasilitasi refleks ketakutan dan menghindar, mengatur proses saraf otonom) dan Subtantia nigra yang merupakan bagian dari Ganglia basalis. Struktur tambahan bagi Tegmentum mesencephali meliputi Nucleus ruber, suatu stasiun pemancar yang penting bagi sistem motor, bagian mesensefalik dari Formatio reticularis, Nuclei nervi craniales II et IV, serta traktus asendens dan desendens.

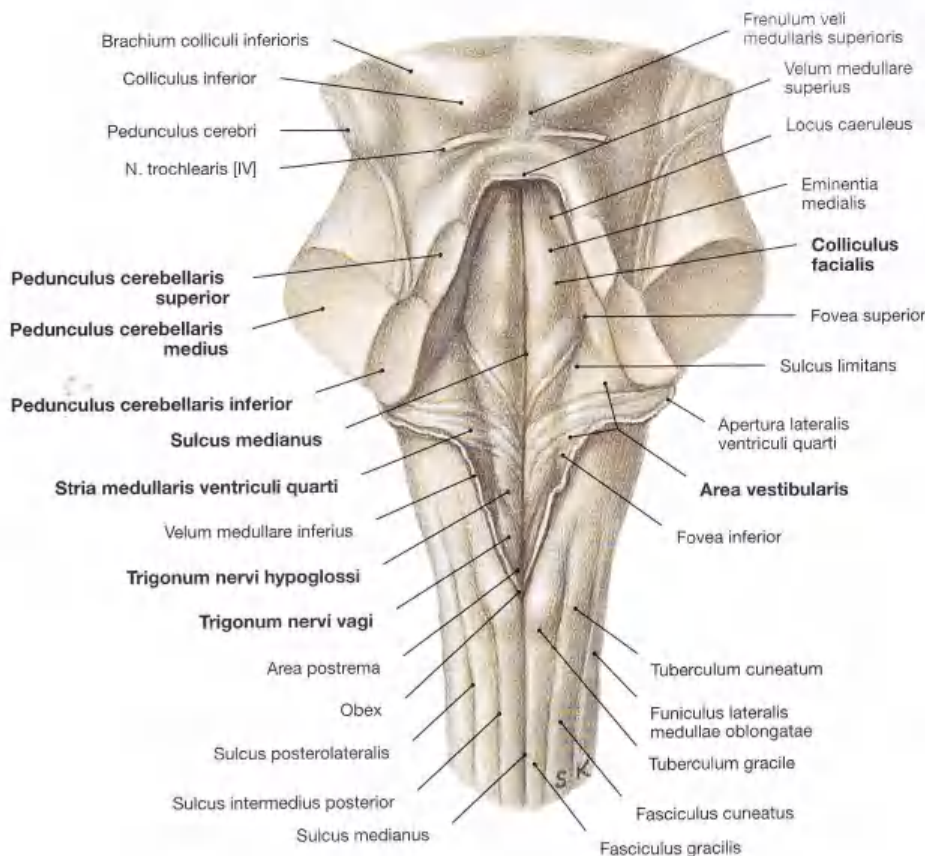
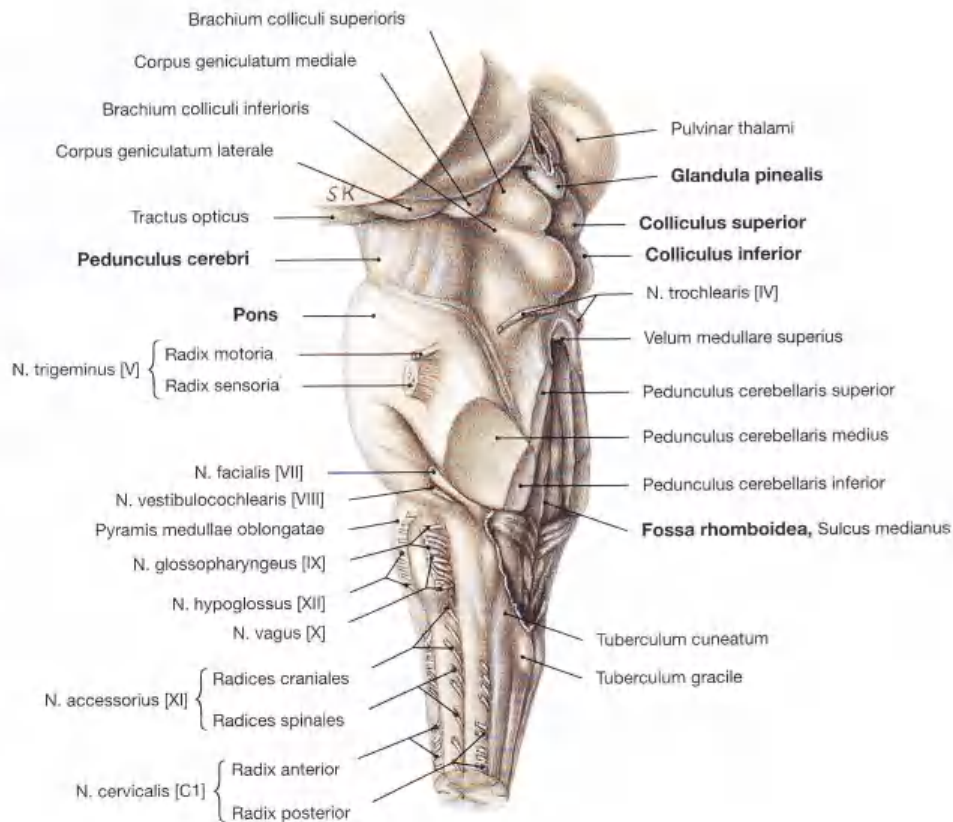
Tectum mesencephali (Lamina tecti [Lamina quadragemina] mencakup Colliculi superiores et inferiores. Struktur ini merupakan stasiun pemancar yang penting bagi refleks penglihatan (Colliculi superiores) dan perjalanan auditorik sentral (Colliculi inferiores).

Gambar 12.58 Mesencephalon dan Diencephalon; dilihat dari inferior; setelah Truncus encephali dipotong secara oblik. Gambar ini memperlihatkan pembagian Mesencephalon menjadi Basis, Tegmentum et Tectum mesencephali. Struktur-struktur Truncus encephali yang jelas berbeda satu sama lain meliputi Substantia nigra, Nucleus ruber, dan Aqueductus mesencephali yang dikelilingi oleh Substantia grisea centralis. Substantia nigra membagi diri menjadi Pars reticularis dan Pars compacta.

Catatan Klinis

Penyebab utama **penyakit PARKINSON** adalah sintesis dopamin yang jauh berkurang, khususnya di dalam Substantia nigra. Berkurangnya dopamin mencetuskan timbulnya satu sindrom (paralisis agitans, kelumpuhan gemetar) yang ditandai oleh hipokinesis, rigor, dan tremor istirahat. Selain itu, penderita sindrom ini mengalami peningkatan sekresi saliva, air mata, keringat dan sebum. Selain itu, penderita memperlihatkan gangguan kognitif dan mood. Penyakit PARKINSON memengaruhi sekitar 1% individu berusia di atas 60 tahun. Penyakit yang menyerupai PARKINSON dapat muncul setelah ensefalitis, intoksikasi, terapi obat psikotropika jangka-panjang, dll.

Lesi Nucleus ruber menimbulkan gejala yang serupa dengan lesi cerebellum, termasuk tremor cerebellar (intensi) dan penurunan tonus otot, akibat keikutsertaan nukleus ini ke dalam rangkaian sirkuit saraf yang penting di antara "Cerebellum – Nucleus ruber – Cerebellum – N. olivaris inferior – Cerebellum".

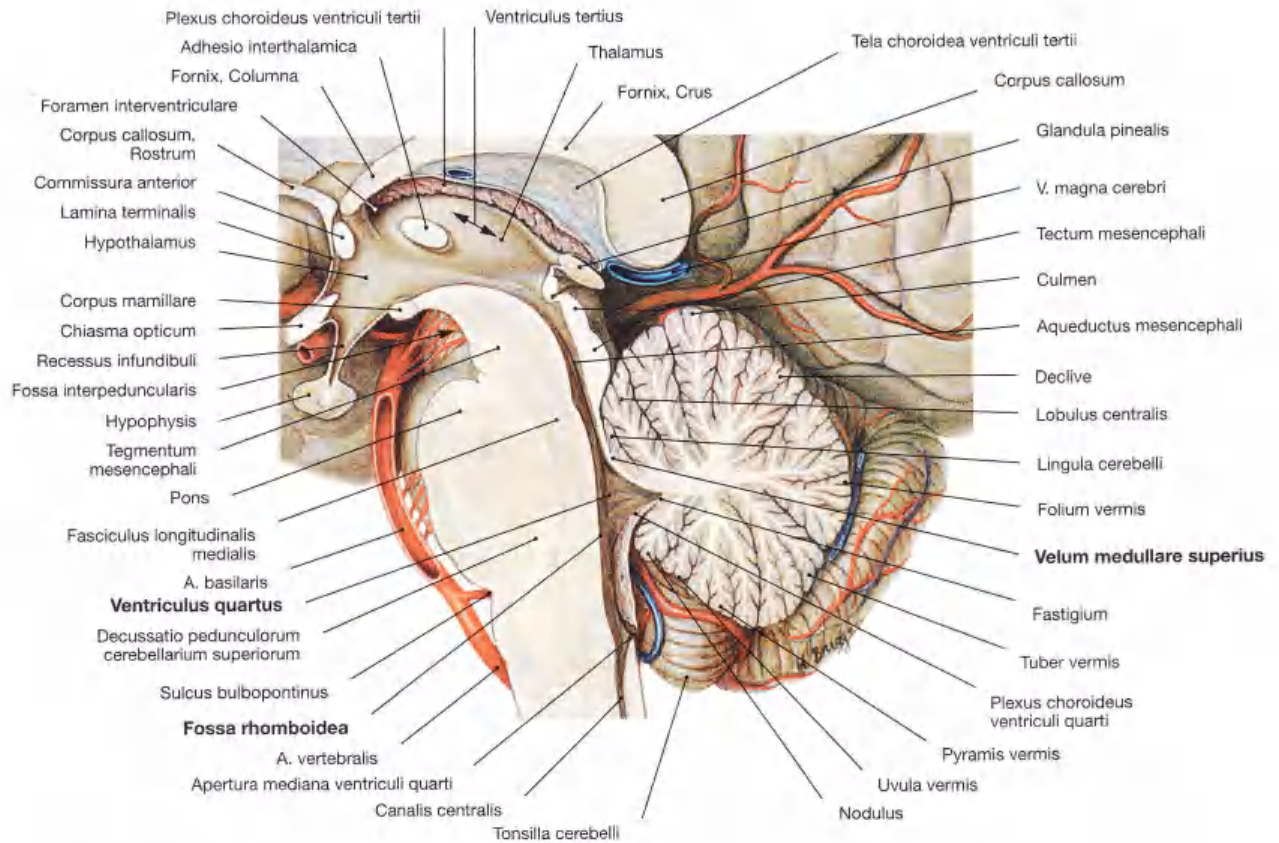
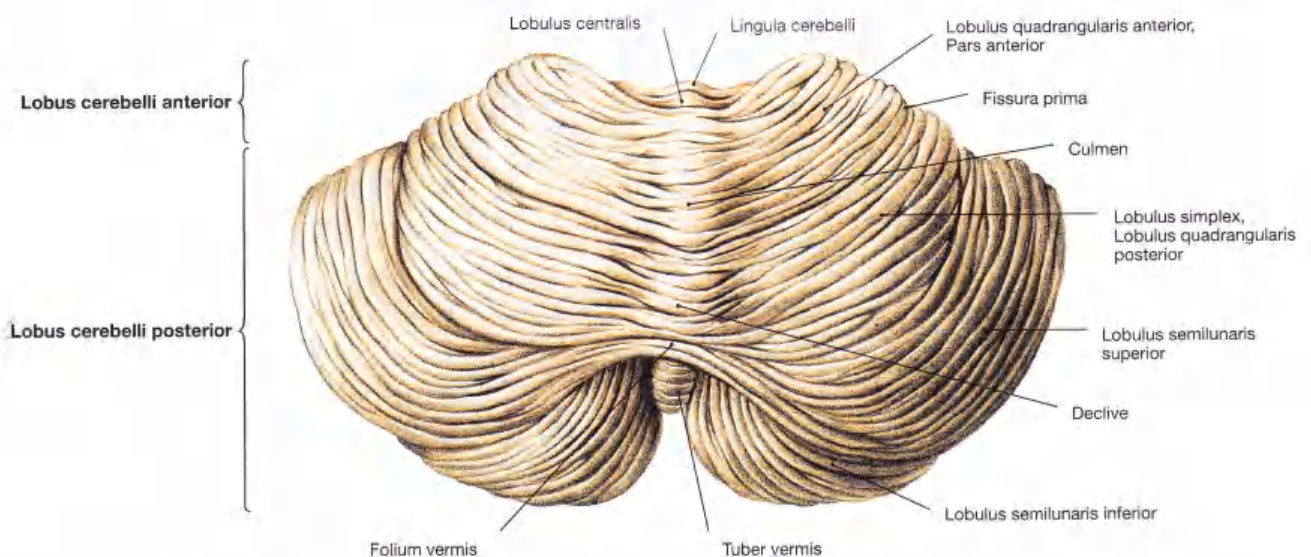
Mesencephalon dan Truncus encephali

Gambar 12.59 Mesencephalon dan Truncus encephali; dilihat dari lateral; sudut pandang oblik menuju lantai Ventriculus quartus setelah Pedunculi cerebellares dipotong.
Truncus encephali terdiri atas Mesencephalon, Pons, dan Medulla oblongata. Mesencephalon meluas dari Diencephalon hingga batas atas Pons. Pedunculus cerebri terletak di sisi anteriornya. Colliculi superiores et inferiores dari Tectum mesencephali membentuk sisi dorsal dan menciptakan bentuk Lamina tecti (Lamina quadrigemina) yang khas. Glandula pinealis dan Ventriculus tertius masing-masing terletak di superior dan inferior Lamina quadrigemina.
Cerebellum telah dipotong tepat di Pedunculi cerebellares. Terlihat dalam gambar adalah Nervi craniales IV, V, dan VII hingga XII yang keluar dari Truncus encephali. Nuclei nervi craniales III dan VI juga terletak di dalam Truncus encephali tetapi saraf-saraf ini keluar di sisi anterior sehingga, karenanya, tidak terlihat di dalam gambar.

Gambar 12.60 Fossa rhomboidea; sisi posterior; tampilan lantai Ventriculus quartus setelah Pedunculi cerebellares didiseksi.
Fossa rhomboidea menjadi lantai bagi Ventriculus quartus. Pedunculi cerebellares, Pons dan Medulla oblongata menjadi batas-batas Fossa rhomboidea. Sebagai bagian dari area Fossa rhomboidea, nuclei yang penting bagi **pengaturan sirkulasi sistemik** dan **Nuclei nervi craniales** V hingga X, dan sebagian Nervi craniales XI et XII, terletak di dalam Pons dan Medulla oblongata. Di dalam Fossa rhomboidea, Anda dapat melihat Sulcus medianus, Colliculus facialis (serabut-serabut N.facialis [VII]), Striae medullares ventriculi quarti sebagai bagian dari jalur perjalanan saraf auditori pusat, Area vestibularis (Nuclei vestibulares), Trigonum nervi hypoglossi (Nucleus nervus hypoglossus [XII]), Trigonum nervi vagi (Nuclei nervi vagus [X] et glossopharyngeus [IX]), dan Area postrema (pusat muntah, lihat organ sirkumventrikular, → Gambar 12.91).

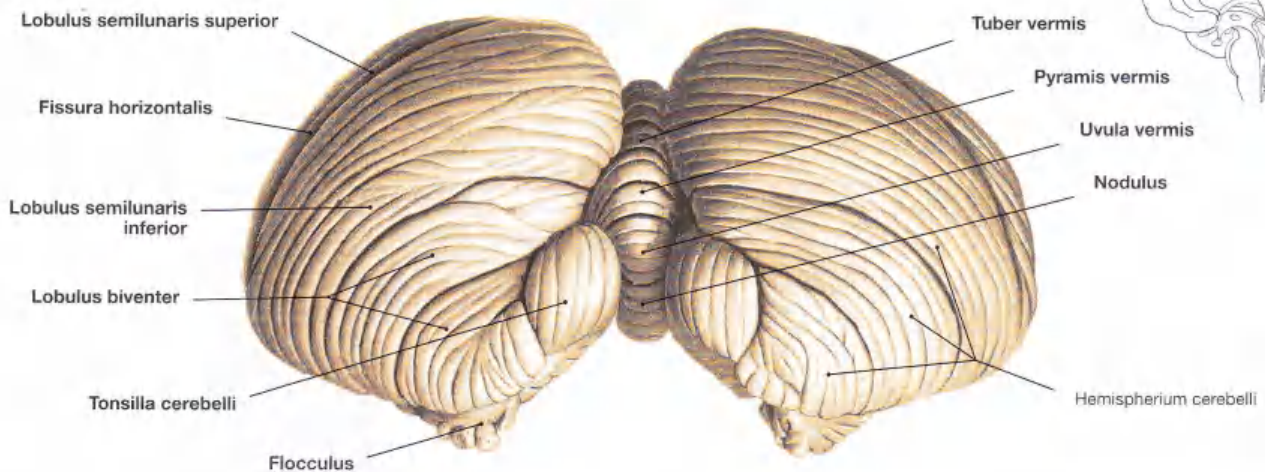
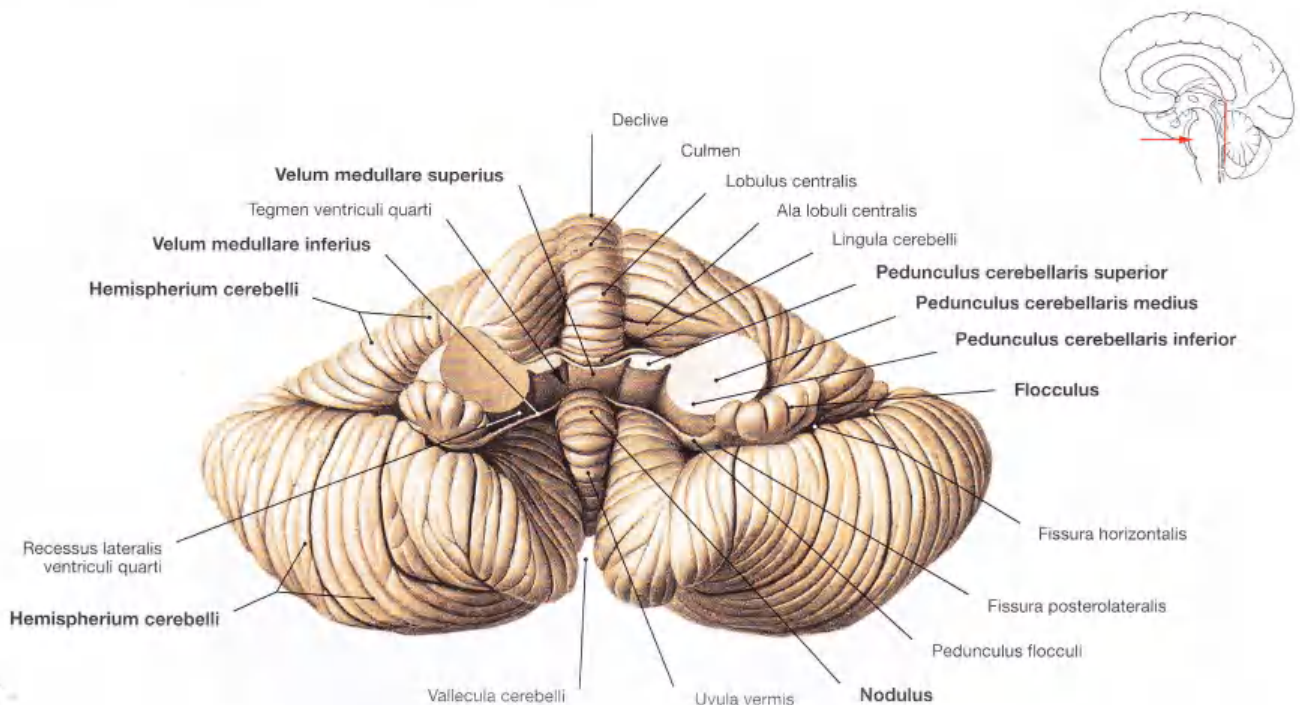
Gambar 12.61 Mesencephalon dan Glandula pinealis; dilihat dari posterior superior.
Di sisi dorsal Truncus encephali, terbentang Mesenphalon mulai dari Diencephalon hingga ke Pedunculi cerebellares, Velum medullare superius, dan Fossa rhomboidea. Lamina tecti (Lamina quadrigemina) merupakan gambaran khas sisi dorsal Truncus encephali ini; ia tersusun atas Colliculi superiores dan Colliculi inferiores dan membentuk Tectum mesencephali. Di tiap sisi, Colliculi yang bersangkutan terhubung dengan Diencephalon (Corpora geniculata mediale et laterale) melalui berkas-berkas serabut (Brachia colliculi superioris et inferioris). Di bawah Colliculi inferiores, N. trochlearis [VI] menjadi satu-satunya Nervus cranialis yang keluar dari Truncus encephali di sisi dorsalnya.

Septum pellucidum
Corpus callosum, Truncus
Nucleus caudatus, Caput
Foramen interventriculare
Tuberculum anterius thalami
Nucleus caudatus, Corpus
Stria terminalis
Lamina affixa
Taenia choroidea
Trigonum habenulare
Commissura posterior
Glandula pinealis
Thalamus, Pulvinar thalami
Pedunculus cerebri
N. trochlearis [IV]
Tela choroidea ventriculi quarti
Fossa rhomboidea, Sulcus medianus
Apertura mediana ventriculi quarti
Tuberculum cuneatum
Fasciculus cuneatus
Medulla spinalis
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Fornix, Columnae
(Recessus triangularis)
Commissura anterior
Ventriculus tertius
Brachium colliculi superioris
Colliculus superior
Corpus geniculatum mediale
Brachium colliculi inferioris
Corpus geniculatum laterale
Colliculus inferior
Frenulum veli medullaris superioris
Vermis cerebelli, Lingula cerebelli
Pedunculus cerebellaris medius
Pedunculus cerebellaris superior
Flocculus
Pedunculus cerebellaris inferior
Pedunculus flocculi
Apertura lateralis ventriculi quarti
Plexus choroideus ventriculi quarti
Tuberculum gracile
Fasciculus gracilis
12.61
12.62

Gambar 12.62 Truncus encephali; dilihat dari posterior superior; Pons dan bagian-bagian utama Cerebellum telah diangkat, Tela choroidea ventriculi quarti telah dipotong di bidang mediannya dan dilipat ke sisi kanan. Glandula pinealis melekat ke Commissura posterior dan terletak di antara dua Colliculi superiores. Ventriculus tertius terletak di atasnya. Truncus encephali mengandung pusat-pusat yang penting (Nuclei ruber, pontis, olivares inferiores, vestibulares dan Formatio reticularis) yang mengatur fungsi-fungsi penting guna mempertahankan kehidupan, termasuk sirkulasi, pernapasan, dan kesadaran (ARAS → Gambar 12.54).

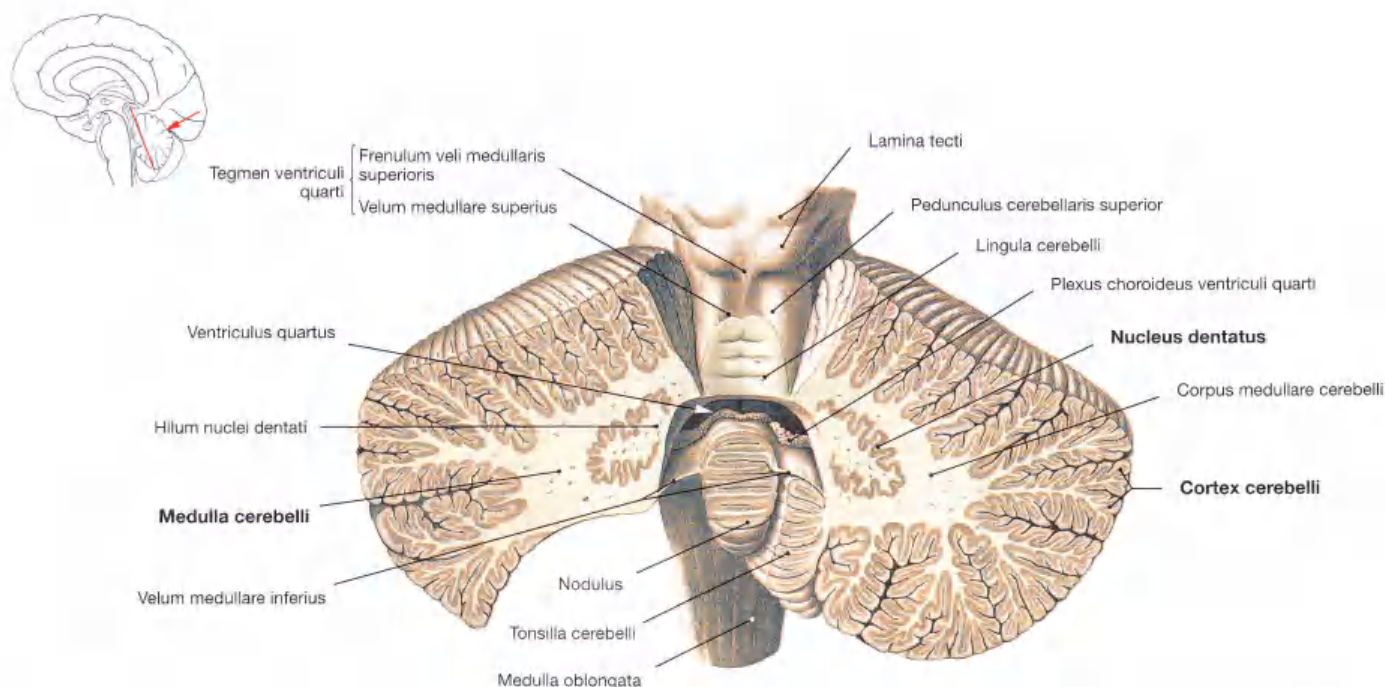
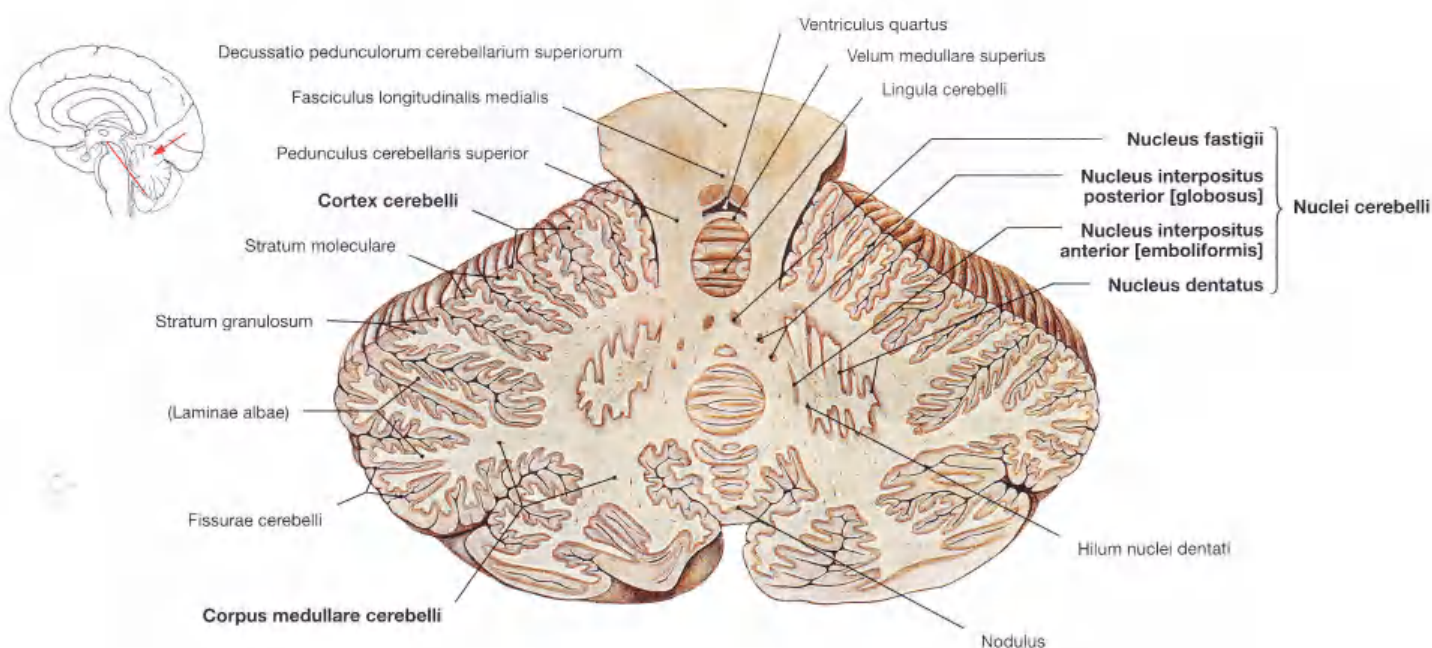
Truncus encephali dan Cerebellum

Gambar 12.63 Truncus encephali beserta Ventriculus quartus dan Cerebellum; potongan median.
Potongan median ini memperlihatkan suatu struktur khas yang dinamakan "pohon kehidupan" (Arbor vitae) Cerebellum yang tercipta oleh lekuk-lekuk (pembesaran permukaan) Cortex cerebelli yang khas. Fossa rhomboidea terletak di sisi anterior Cerebellum dan menjadi lantai bagi Ventriculus quartus. Truncus encephali beserta Mesencephalon, Pons, dan Medulla oblongata terletak di sisi anterior Ventriculus quartus dan, lebih di anterior lagi, berjalanlah A. basilaris bersama Truncus encephali. Di potongan median, Velum medullare superius menjadi dinding rostral bagi Ventriculus quartus dan ia terentang mulai dari Cerebellum hingga Lamina tecti (Lamina quadrigemina). Glandula pinealis dan Corpus callosum terletak di sisi atas.

Gambar 12.64 Cerebellum; dilihat dari posterior superior.
Cerebellum membagi diri menjadi vermis (Vermis cerebelli) dan dua Hemispherium. Tuber vermis, folium, declive, culmen, serta Lobulus centralis dan Lingula cerebelli dapat dlihat di dalam gambar. Hemispherium cerebelli terbagi menjadi tiga lobus (→ Gambar 12.71):

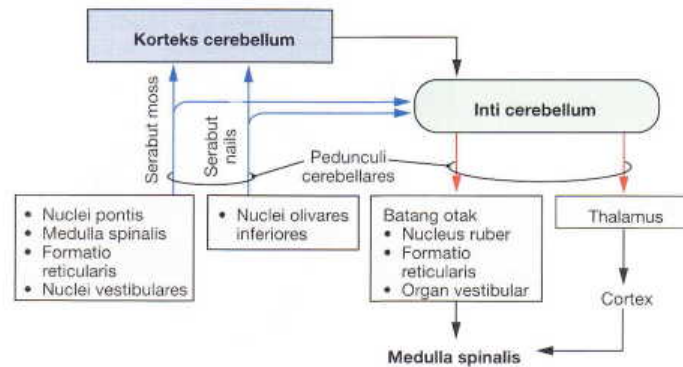
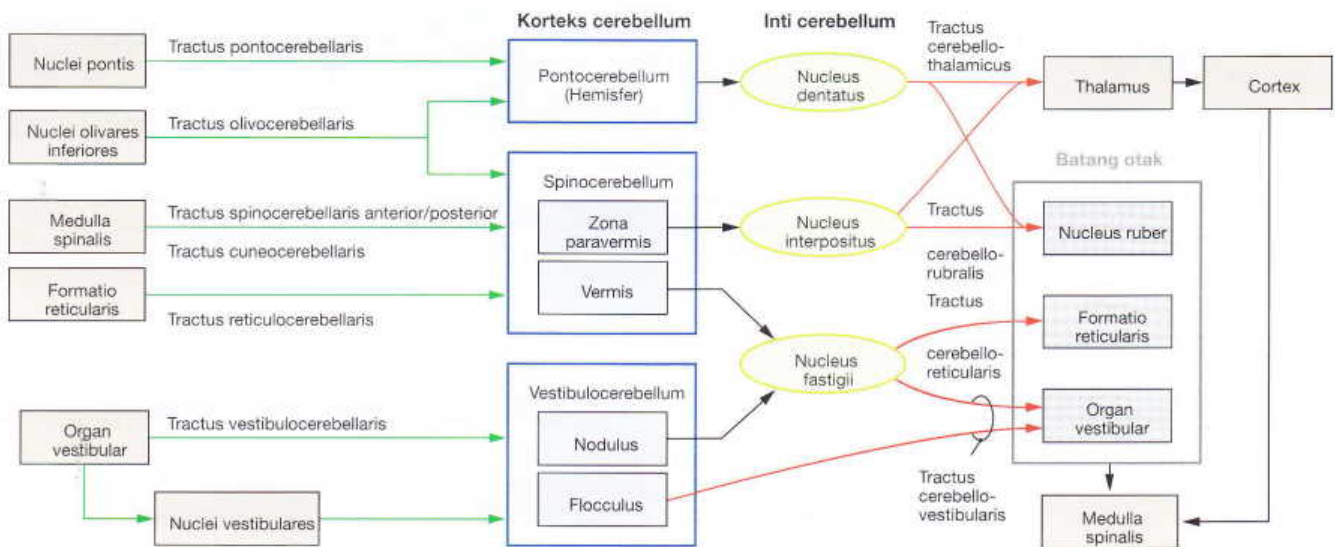
- Lobus cerebelli anterior
- Lobus cerebelli posterior
- Lobus flocculonodularis (nodulus + flocculus → Gambar 12.65 dan 12.66)

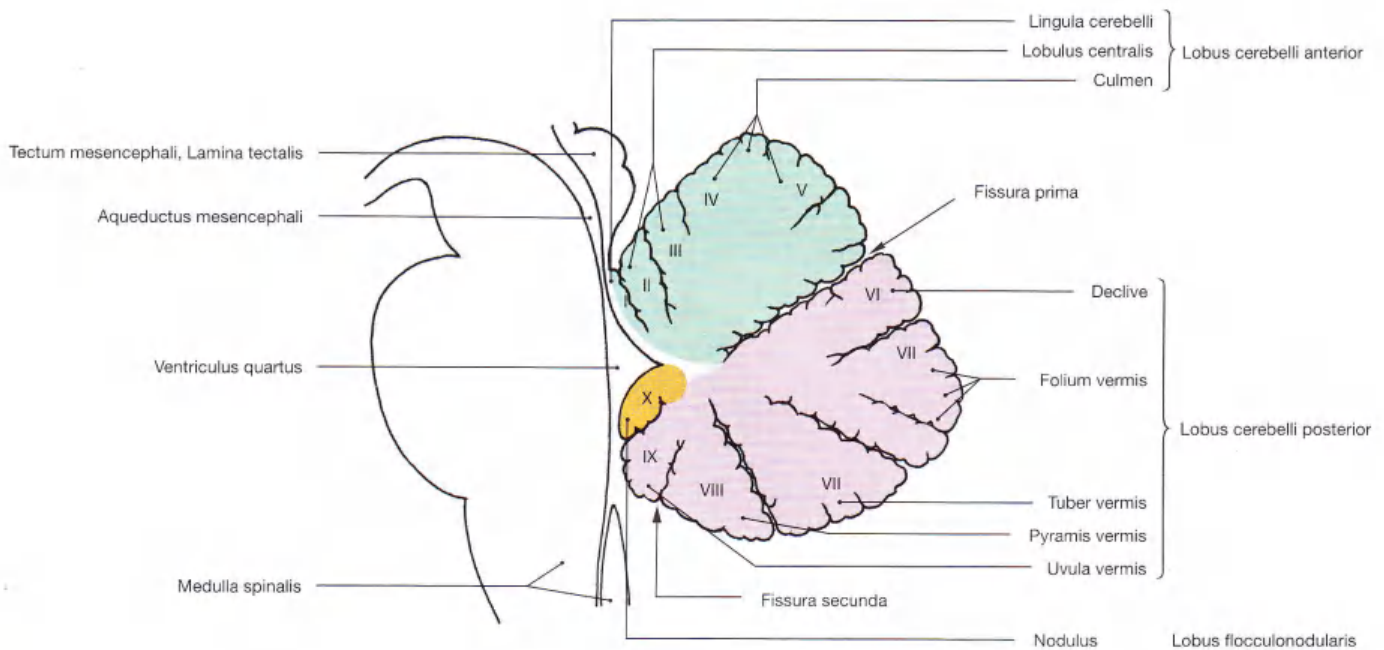
Lobus-lobus ini terbagi lebih lanjut menjadi lobuli, seperti Lobulus quadrangularis anterior, Lobulus quadrangularis posterior (Lobulus simplex) dan Lobuli semilunares superior et inferior.

Gambar 12.65 Cerebellum; dilihat dari posterior inferior.
Tuber vermis, pyramis, uvula dan nodulus dapat terlihat dari sudut pandang ini. Tampak pula sepasang Tonsilla cerebelli serta Lobuli semilunares superior et inferior, dipisahkan oleh Fissura horizontalis. Lobulus biventer terletak di bawah Lobulus semilunaris inferior dan di atas flocculus.

Gambar 12.66 Cerebellum; dilihat dari anterior; setelah Pedunculi cerebellares didiseksi.
Permukaan anterior Cerebellum ditempati oleh Pedunculi cerebellares yang menghubungkan Cerebellum dengan Truncus encephali; Pedunculi cerebellares superior, medius et inferior. Velum medullare superius membagi Vermis cerebelli dan menghubungkan kedua Pedunculi cerebelares. Sepasang Velum medullare inferius yang terletak di sisi kanan dan kiri Nodulus berlanjut ke lateral menuju flocculus. Hemispherium cerebelli menyusun bagian terluar Cerebellum.

Catatan Klinis

Bila tekanan intrakranial meningkat (akibat tumor atau perdarahan), struktur Cerebellum yang paling kaudal, yakni area Tonsilla cerebelli, berisiko terjepit di antara tulang dan Medulla oblongata di daerah Foramen magnum. Tekanan yang diteruskan ke Medulla oblongata dapat menyebabkan hilangnya fungsi penting, seperti pernapasan, dan menyebabkan kematian. Herniasi tonsil ini, dinamakan juga herniasi cerebellar, menyerupai **herniasi tipe infratentorial**, yang harus dibedakan dengan **herniasi supratentorial**, seperti herniasi sentral, dinamai pula herniasi transtentorial. Pada herniasi ini, penjepitan bagian-bagian Diencephalon dan Mesencephalon di Incisura tentorii bisa menyebabkan hilangnya fungsi Formatio reticularis dan traktus kortikobulbar dan rubrospinal. Herniasi supratentorial bisa mendahului terjadinya herniasi infratentorial.

Nuclei cerebelli

Gambar 12.67 Cerebellum; potongan oblik; dilihat dari posterior.
Potongan oblik melalui Cerebellum mengungkap struktur Substantia grisea yang terdiri atas Cortex cerebelli dan Medulla cerebelli. Di Medulla cerebelli, terlihat Nucleus cerebelli yang terbesar dari empat Nuclei cerebelli, yakni Nucleus dentatus; Substantia griseanya memperlihatkan konfigurasi bergerigi dan berlekuk-lekuk. Nucleus ini tidak hanya terdapat di kedua Pontocerebellum tetapi juga memiliki banyak koneksi fungsional yang erat dengan Cortex cerebelli.

Gambar 12.68 Cerebellum dan Nuclei cerebelli; potongan oblik melalui Pedunculus cerebellaris superior.
Cerebellum terdiri atas **pusat medular** (Corpus medullare cerebelli), dengan Nuclei cerebelli yang tertanam di dalamnya, dan **Cortex cerebelli**. Potongan oblik ini memperlihatkan keempat Nuclei cerebelli di kedua Pontocerebellum. Nucleus dentatus berbentuk U dan bergerigi. Di medial Nucleus dentatus, terletak Nucleus interpositus anterior (emboliformis) dan jauh di medial lagi, terdapat Nucleus interpositus posterior (globosus), keduanya secara bersama-sama dinamai **Nucleus interpositus**. Kedua Nuclei memiliki kesamaan fungsi dan terhubung dengan zona paravermal dan vermal Cerebellum (Spinocerebellum). Di medulla Vermis, terdapat Nucleus fastigii kiri dan kanan yang memiliki hubungan fungsi yang erat dengan korteks Lobus flocculonodularis (Vestibulocerebellum) (→ Gambar 12.65 dan 12.66).

Berbagai koneksi di dalam Cerebellum

Gambar 12.69 Skema struktur aliran informasi dasar dari dan menuju Cerebellum. [14]
Anak panah biru menunjukkan sistem yang memberi asupan bagi Cerebellum, anak panah merah menunjukkan bagian-bagian SSP yang menerima informasi keluar dari Cerebellum.

Gambar 12.70 Skema presentasi kompartemen Cerebellum beserta hubungan-hubungan aferen dan eferen. [14]

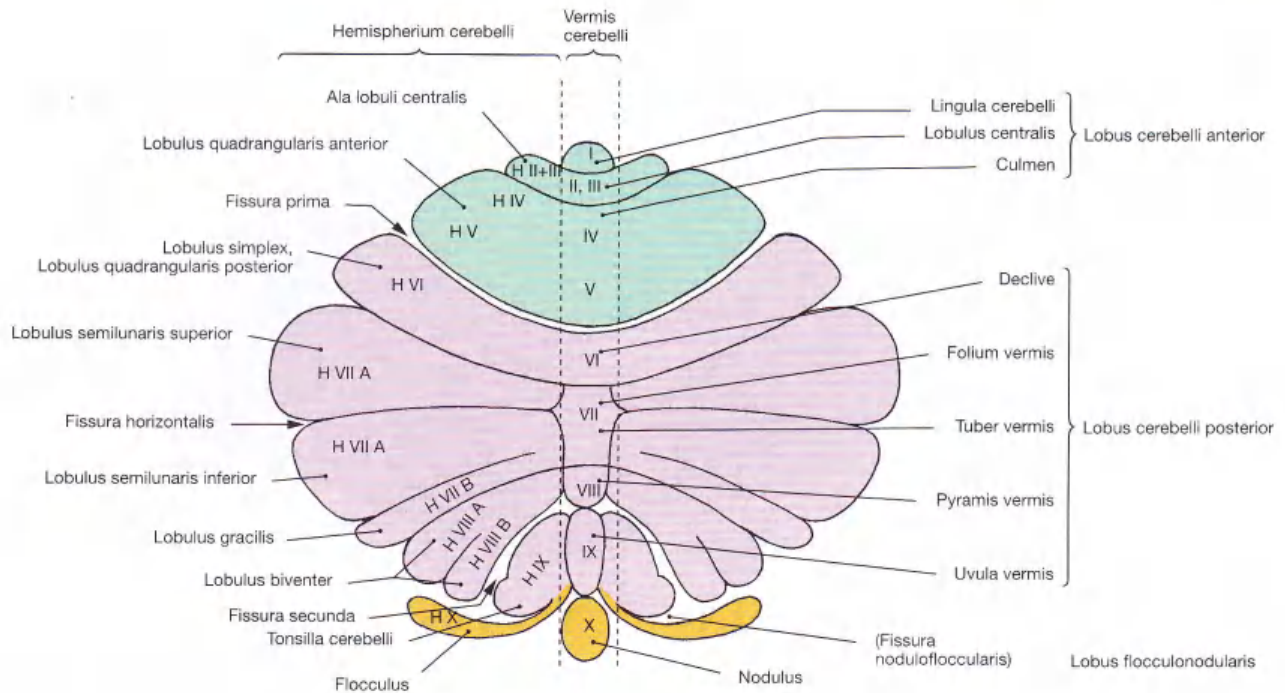
Cerebellum, organisasi

Gambar 12.71 Bagian-bagian Vermis cerebelli, I hingga X; potongan median; tinjauan.
Spinocerebellum terdiri atas Vermis, zona paravermal bilateral, dan bagian utama Lobus cerebelli anterior selain Nodulus. Secara fungsional, Spinocerebellum mengendalikan tonus otot dan mengatur gerakan tubuh serta ekstremitas. Spinocerebellum menerima sebagian besar asupan propriosepsi aferen dari Medulla spinalis (Tractus spinocerebellares anterior et posterior, Tractus cuneocerebellaris). Serabut-serabut aferen tambahan datang dari Formatio reticularis dan Nuclei olivares inferiores. Nodulus merupakan bagian dari Vestibulocerebellum.

Struktur Vermis cerebelli (angka Romawi menurut klasifikasi LARSELL)

I	Lingula cerebelli
II, III	Lobus centralis
IV, V	Culmen
Fissura prima	
VI	Declive
VII A	Folium vermis
Fissura horizontalis	
VII B	Tuber vermis
VIII	Pyramis vermis
Fissura secunda	
IX	Uvula vermis
Fissura posterolateralis	
X	Nodulus

Catatan Klinis

Lesi Spinocerebellum menyebabkan defisit urutan koordinasi gerak yang sebagian besar tidak bisa pulih. Hilangnya, atau beratnya gangguan, koordinasi antara agonis dan antagonis otot menyebabkan penyesuaian postur tubuh yang aneh, berupa langkah yang lebar, ataksia gaya berjalan dan hilangnya koordinasi gerakan (dismetria).
Tremor intensi merupakan gejala khas **lesi Pontocerebellum**. Tremor ini menjadi lebih berat di ekstremitas selama gerakan sadar (volunter) dan khususnya berat di akhir pergerakan. Gangguan koordinasi otot melibatkan asinergi, seperti yang diperlihatkan lewat dismetria (gangguan koordinasi gerakan tangan, lengan, tungkai, atau mata melihat ke bawah atau atas posisi yang diinginkan) dan disdiadokokinesis (ketidakmampuan melakukan perubahan gerak antagonistik dengan cepat).

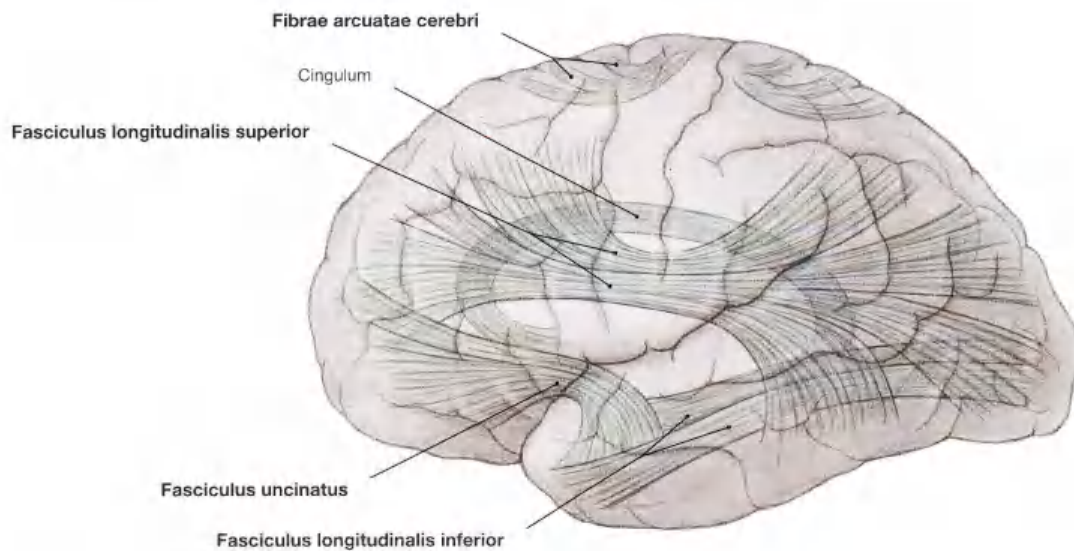
Cerebellum, organisasi

Gambar 12.72 Cortex cerebelli dan Vermis cerebelli; diagram Cortex cerebelli yang diregangkan; tinjauan.
Selain Lobus cerebelli anterior, Hemispherium cerebelli dipisahkan oleh Vermis dan mencakup area H II hingga H IX menurut klasifikasi LARSELL. Area-area ini menyusun **Pontocerebellum** (Cerebrocerebellum). Pontocerebellum menerima serabut aferen primernya dari Nuclei pontis. Bagian Cerebellum ini memiliki hubungan erat dengan Cortex cerebri melalui Pons dan berperan dalam perencanaan gerakan sadar. Nodulus dan flocculus (X dan H X), yang secara bersama-sama dinamakan Lobulus flocculonodularis, merupakan komponen-komponen yang penting di dalam Vestibulocerebellum. Hubungan-hubungan yang begitu erat dan banyak dengan sistem vestibular telinga dalam menyajikan serabut-serabut aferen utama bagi Vestibulocerebellum. Fungsi utama Vestibulocerebellum adalah untuk mengatur keseimbangan.

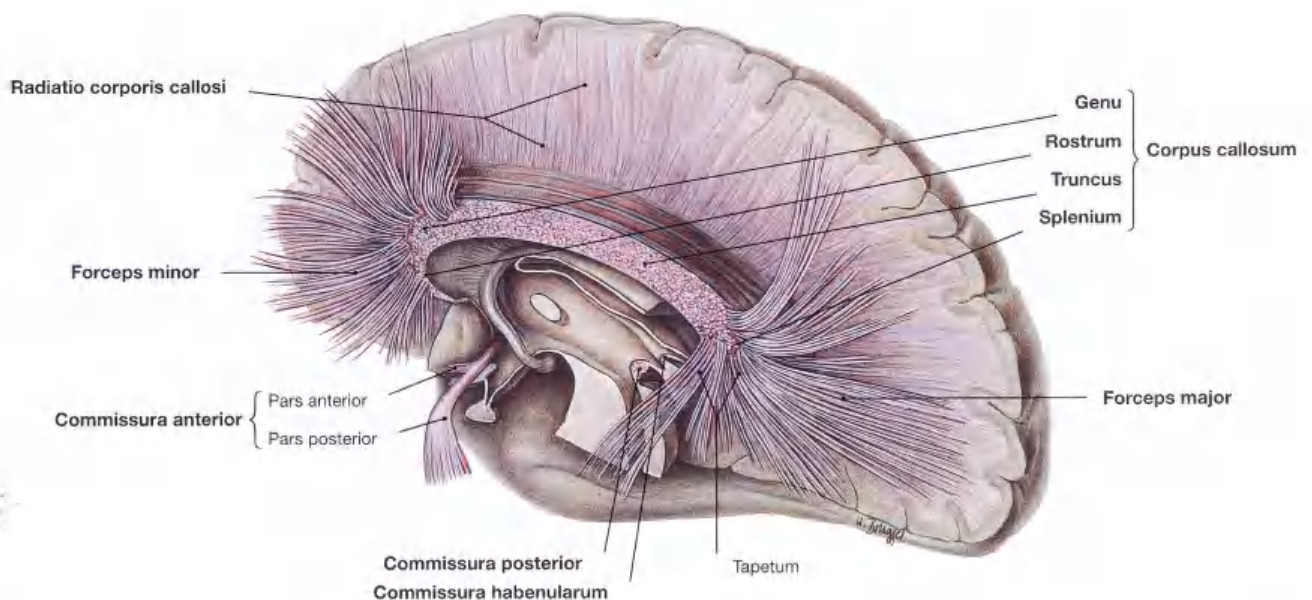
Struktur Hemispherium cerebelli (angka Romawi menurut klasifikasi LARSELL)

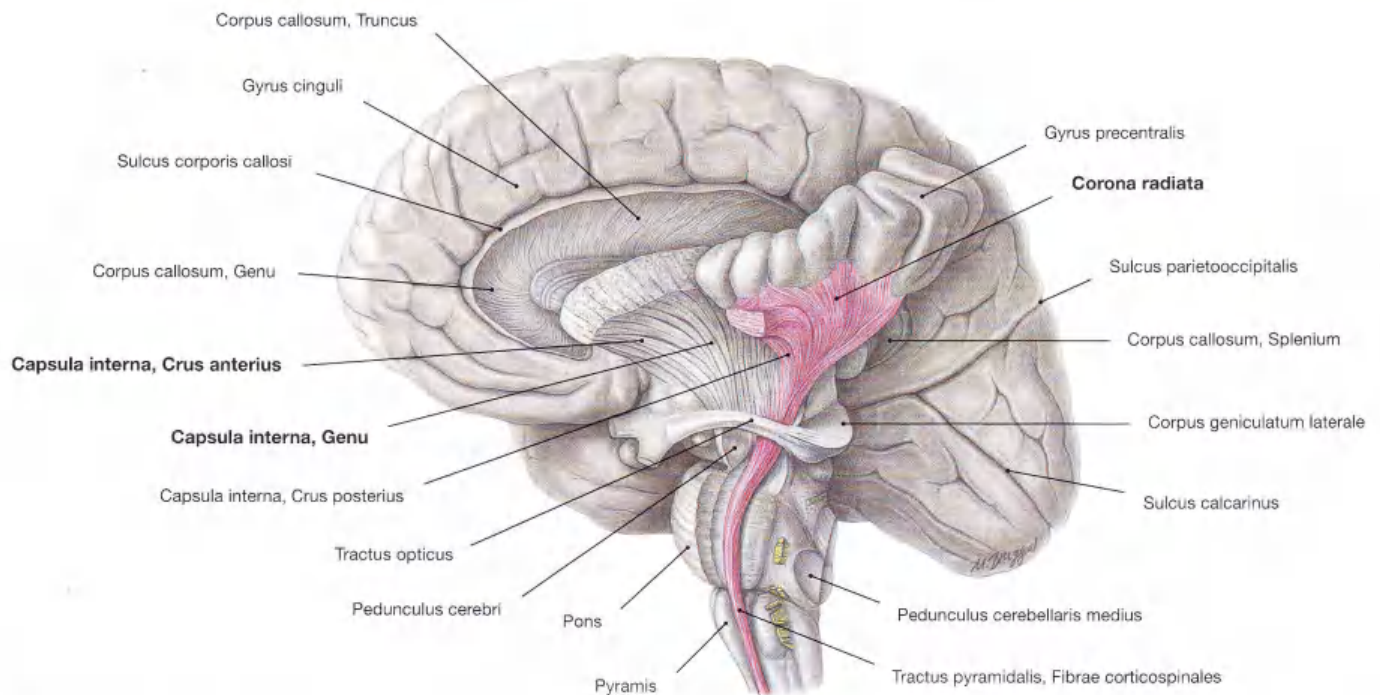
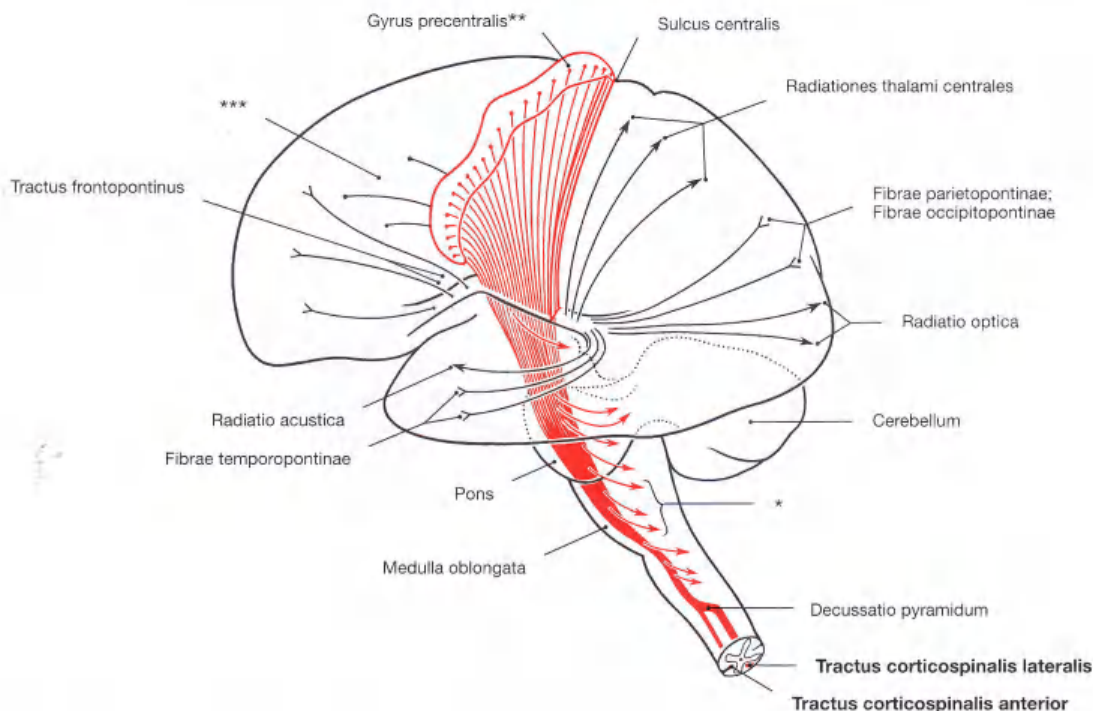
HII, III	Ala lobuli centralis
HIV, V	Lobulus quadrangularis anterior
Fissura prima	
HVI	Lobulus quadrangularis posterior (Lobulus simplex)
HVII A	Lobulus semilunaris superior
Fissura horizontalis	
HVII A	Lobulus semilunaris inferior
HVII B	Lobulus gracilis
HVIII A dan B	Lobulus biventer
Fissura secunda	
HIX	Tonsilla cerebelli
Fissura posterolateralis	
HX	Flocculus

Catatan Klinis

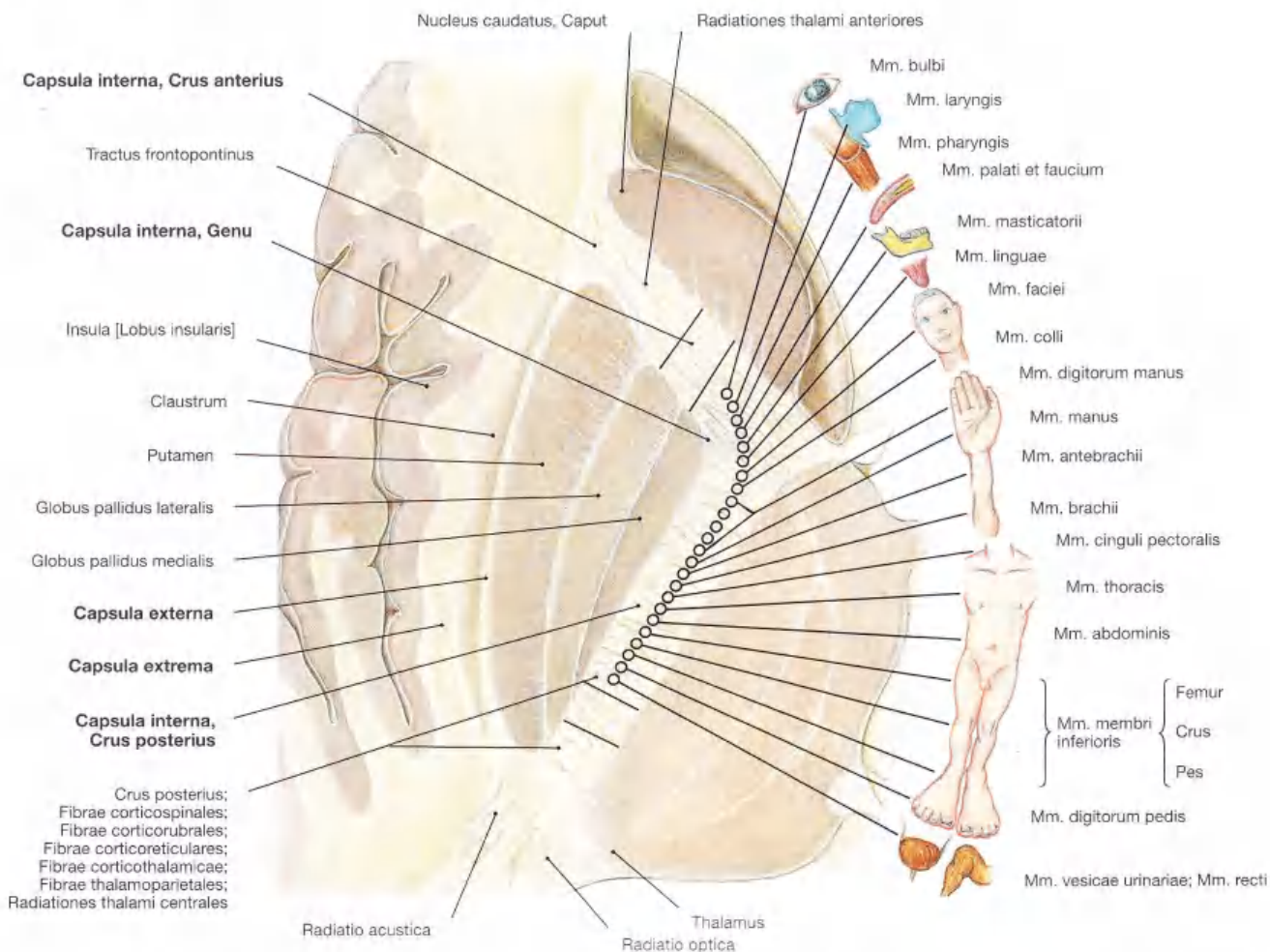
Lesi Vestibulocerebellum terutama menyebabkan gangguan keseimbangan dan pengendalian gerakan mata; gangguan ini mencakup ketidakmampuan menerjemahkan asupan vestibular sewaktu kepala sedang berputar menjadi gerakan mata yang terkoordinasi dan menyebabkan kesulitan mengendalikan otot-otot postur selagi berdiri, berjalan, atau duduk (ataksia memengaruhi torso, posisi kuda-kuda, dan gaya berjalan; inkoordinasi gerakan). Inkoordinasi gerakan mata menyebabkan nistagmus spontan dan gerakan mata sakadik bawah sadar.

Neurofibrae associationes et commissurales

Gambar 12.73 Neurofibrae associationes dan Fibrae arcuatae; gambaran umum; dilihat dari sisi kiri.
Sebagian besar serabut di dalam Substantia alba merupakan serabut asosiasi (Neurofibrae associationes). Serabut ini menghubungkan berbagai macam area di dalam satu Hemispherium dan memfasilitasi fungsi asosiasi dan integratif dengan menghubungkan area-area yang memiliki fungsi berbeda-beda.

Serabut asosiasi pendek, dikenal juga sebagai Fibrae arcuatae cerebri, terdapat di dekat Cortex cerebri dan strukturnya yang berbentuk U cocok untuk menghubungkan Gyri yang saling berdekatan. Serabut asosiasi pendek terletak lebih dalam di Medulla yang saling menghubungkan lobus-lobus.
Neurofibrae associationes yang memiliki fungsi penting antara lain Fasciculi longitudinalis superior, longitudinalis inferior, dan uncinatus serta Fibrae arcuatae cerebri dan Cingulum.

Gambar 12.74 Neurofibrae commissurales; tinjauan topografi; dilihat dari sisi kiri; setelah Corpus callosum diangkat sedemikian rupa di bidang paramedian; terlihat satu berkas serabut Corpus callosum.
Neurofibrae commissurales (transversa) memfasilitasi pertukaran informasi antara dua Hemispherium cerebri, misalnya untuk menghasilkan gambaran visual utuh yang dibentuk oleh input visual ke masing-masing Hemispherium cerebri. Neurofibrae commisurales homotopik menghubungkan area cerebral yang saling berkaitan, sementara Neurofibrae commisurales heterotopik memfasilitasi pertukaran antara area cerebral yang tidak saling berkaitan.
Masing-masing bagian cerebral filogenetik memiliki commissura tersendiri: bagi paleocortex, serabutnya adalah Commissura anterior, bagi archicortex, serabutnya adalah Commissura fornicis, dan Corpus callosum melaksanakan fungsi ini di neocortex. Yang termasuk ke dalam neocortex antara lain Rostrum, Genu, Truncus, dan Splenium. Corpus callosum jauh lebih pendek ketimbang Hemispherium cerebri dan, karenanya, serabut rostral dan occipital membentuk proyeksi berbentuk kipas ke dalam lobus-lobus yang bersangkutan (Radiatio corporis callosi, proyeksi Corpus callosum beserta Forceps minor dan Forceps major). Akan tetapi, beberapa area cerebral yang homotopik tidak terhubung melalui Neurofibrae commissurales, seperti korteks visual primer, korteks auditorik primer, dan area somatosensorik bagi tangan dan kaki.

Neurofibrae projectiones

Gambar 12.75 Neurofibrae projectiones; dilihat dari sisi kiri; Capsula interna dan Tractus pyramidalis turut diperlihatkan.
Neurofibrae projectiones terdiri atas serabut-serabut proyeksi yang menghubungkan Cortex cerebri dengan struktur-struktur SSP di sekitar (contoh, Thalamus, Truncus encephali). Di area striatum dan pallidum, serabut-serabut ini harus melewati ruang-ruang sempit tempat semua serabut menyatu. Area sempit ini adalah Capsula interna dan Capsula externa di antara Nucleus lentiformis dan Claustrum serta Capsula extrema di antara Cortex insular dan Claustrum. Capsula interna merupakan tempat utama melintasnya serabut-serabut proyeksi. Capsula externa dan Capsula extrema terutama terdiri atas Neurofibrae associationes. Corona radiata menggambarkan pengaturan radial Neurofibrae projectiones di antara Cortex cerebri dan Capsula interna.

Gambar 12.76 Capsula interna dan Tractus pyramidalis; gambaran umum fungsional; dilihat dari sisi kiri.
Di Capsula interna, hampir semua serabut proyeksi kortikal bersatu di dalam satu ruang sempit. Kondisi ini dicontohkan dengan **Tractus pyramidalis** yang berasal dari Gyrus precentralis, warna merah, yang berlanjut sebagai Tractus corticospinales lateralis et anterior ke dalam Medulla spinalis.

* serabut ke Lamina quadrigemina dan ke Nuclei rhombencephalon
** perikarya Tractus pyramidalis
*** perikarya area 6 dan 8 (lapang kortikal pramotor)

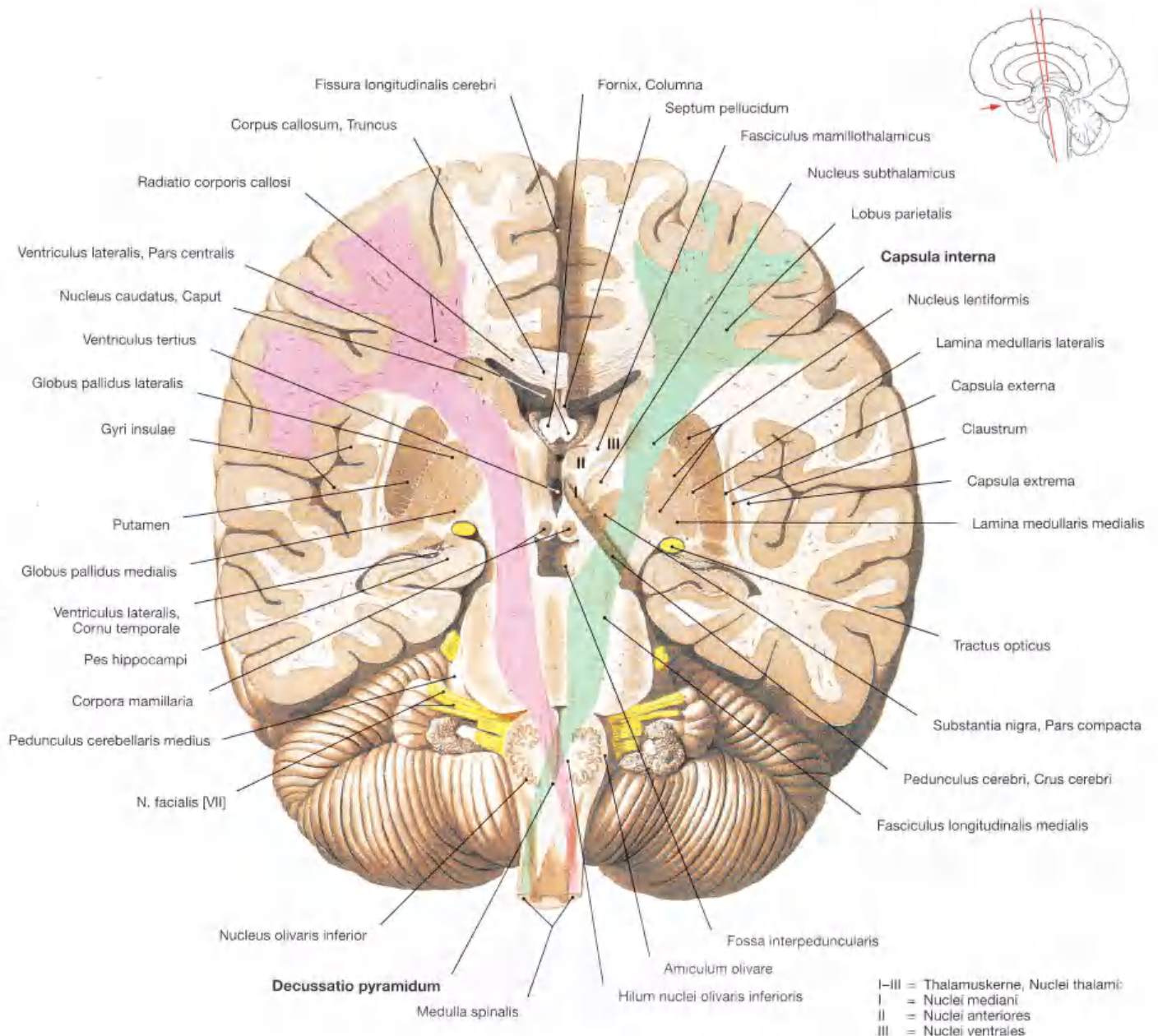
Capsula interna

Gambar 12.77 Capsula interna; struktur fungsional.
Capsula interna sangat bermakna secara klinis karena mengandung hampir semua Neurofibrae projectiones kortikal yang terkumpul di dalam satu ruang kecil. Capsula interna dibatasi oleh Nucleus caudatus di bagian anteromedialnya, Thalamus di potongan medioposterior, dan Globus pallidus serta Putamen di sisi lateral. Pada potongan horizontal, Capsula interna terlihat menekuk. Anda dapat melihat Crus anterius, Genu, dan Crus posterius dengan jelas. Traktus desendens di dalam Capsula interna memiliki susunan somatotopik. Serabut kortikonuklear berjalan di dalam Genu, sementara serabut kortikospinal yang mempersarafi ekstremitas atas, torso, dan ekstremitas bawah tersusun secara somatotopis dari anterior ke posterior di dalam Crus posterius.

Tractus dan Suplai Darah Arteri bagi Capsula Interna [14]

Lokasi	Tractus (demi kepentingan praktik klinis, istilah Fibrae dan Tractus akan digunakan secara bergantian)	Suplai Darah
Crus anterius	• Tractus frontopontinus (dari Lobus frontalis ke Pons) • Radiatio thalami anterior (dari Thalamus ke Cortex frontalis)	Aa. centrales anteromediales (dari A. cerebri anterior)
Genu	• Tractus corticonuclearis (bagian dari Tractus pyramidalis)	Aa. centrales anterolaterales (dari A. cerebri media) = Aa. lenticulostriatae
Crus posterius	• Tractus corticospinalis • Tractus corticorubralis dan Tractus corticoreticularis • Radiatio centralis thalami (dari Nuclei thalami rostral ke Cortex motorik) • Radiatio thalami posterior (dari Corpus geniculatum laterale dan Nuclei thalami tambahan ke Lobi parietalis et occipitalis) • Tractus parietotemporopontinae dan Tractus occipitopontinus (dari Lobus temporalis atau Lobus occipitalis ke Pons) • Radiatio optica (dari Corpus geniculatum laterale ke Lobus occipitalis) • Radiatio acustica (dari Corpus geniculatum mediale ke Lobus temporalis)	Rr. capsulae internae (dari A. choroidea anterior)

Catatan Klinis

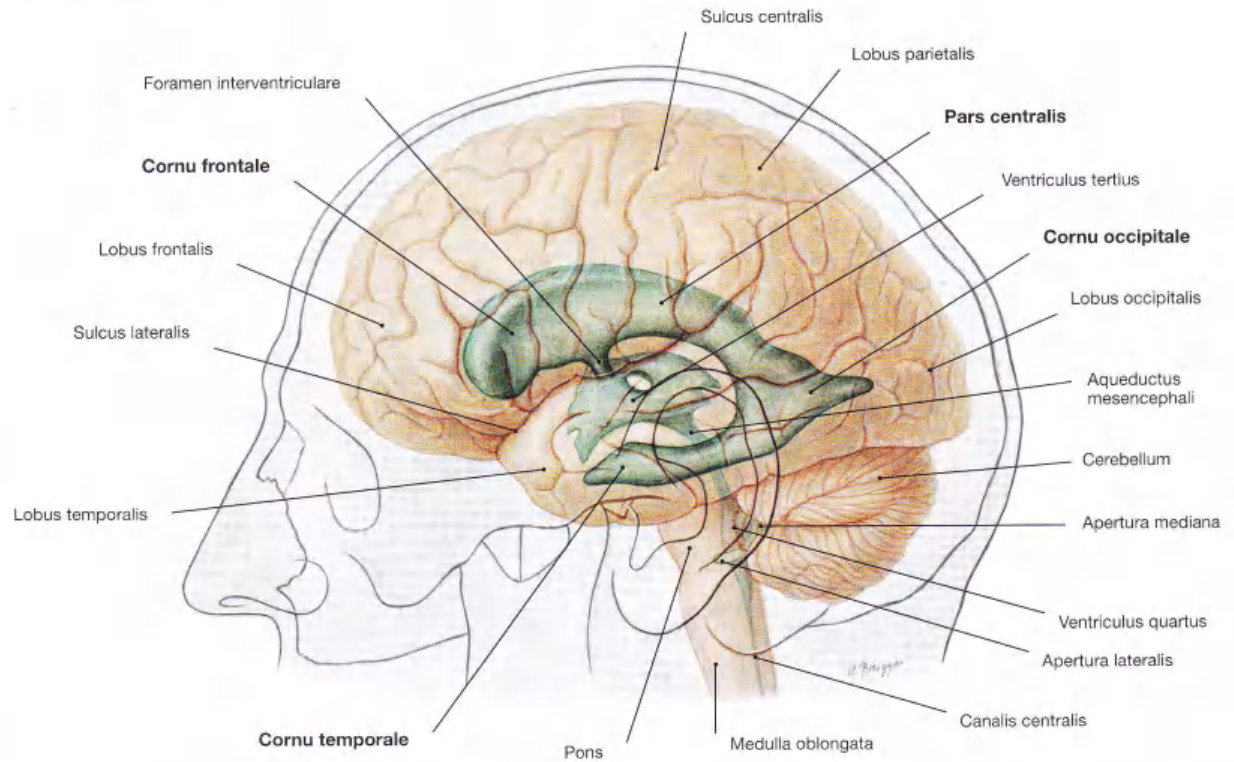
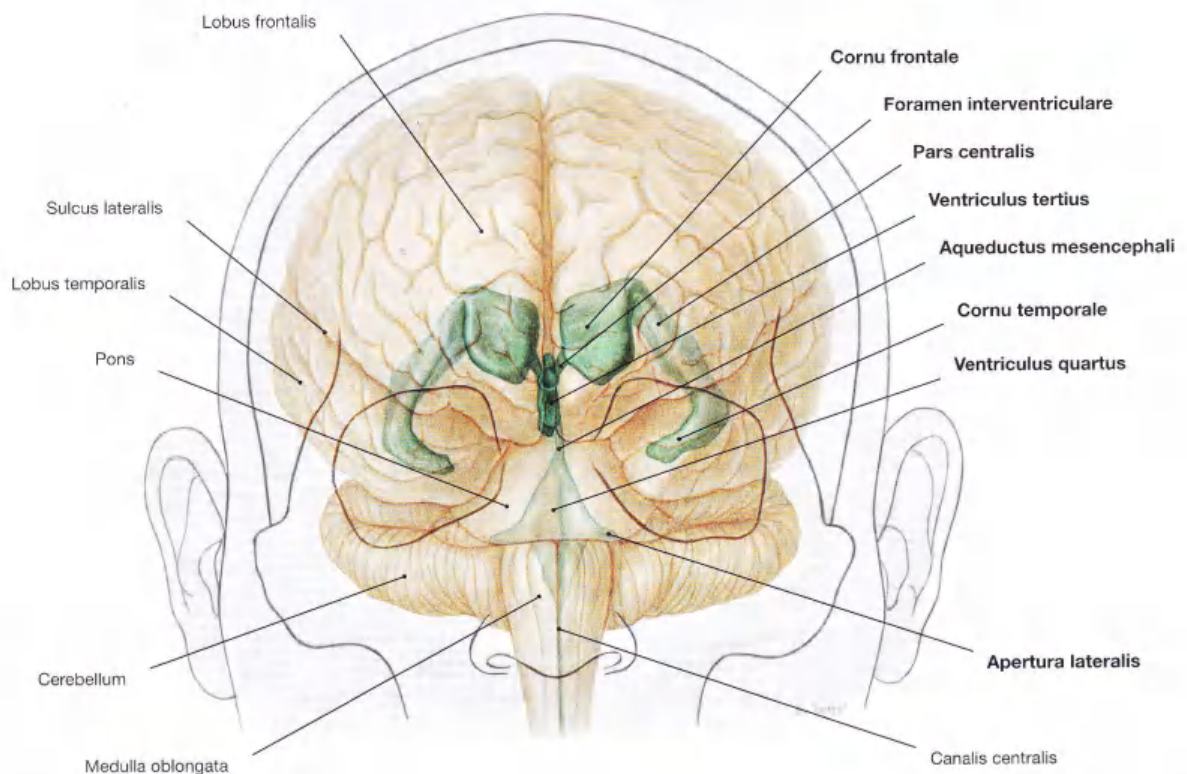
Pembuluh darah yang menuju Capsula interna merupakan arteri-arteri terminal. Tidak jarang, terjadi **oklusi vaskular** atau **perdarahan masif** ke dalam Capsula interna yang disebabkan oleh ruptur pembuluh darah (khususnya Aa. centrales anterolaterales). Akibatnya, terjadi penghancuran serabut fibrae dan **stroke**. Perluasan stroke bergantung kepada lokasinya di dalam Capsula interna dan dapat melibatkan paralisis kontralateral (hemiplegia), defisit sensorik, dan kebutaan di lapang visual kontralateral (hemianopsia).

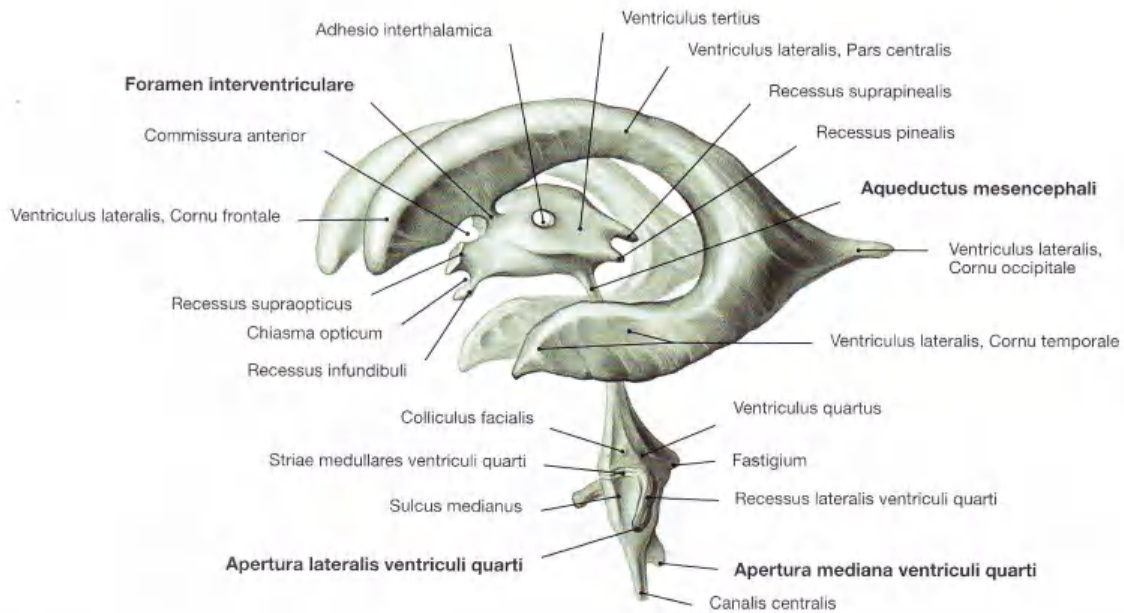
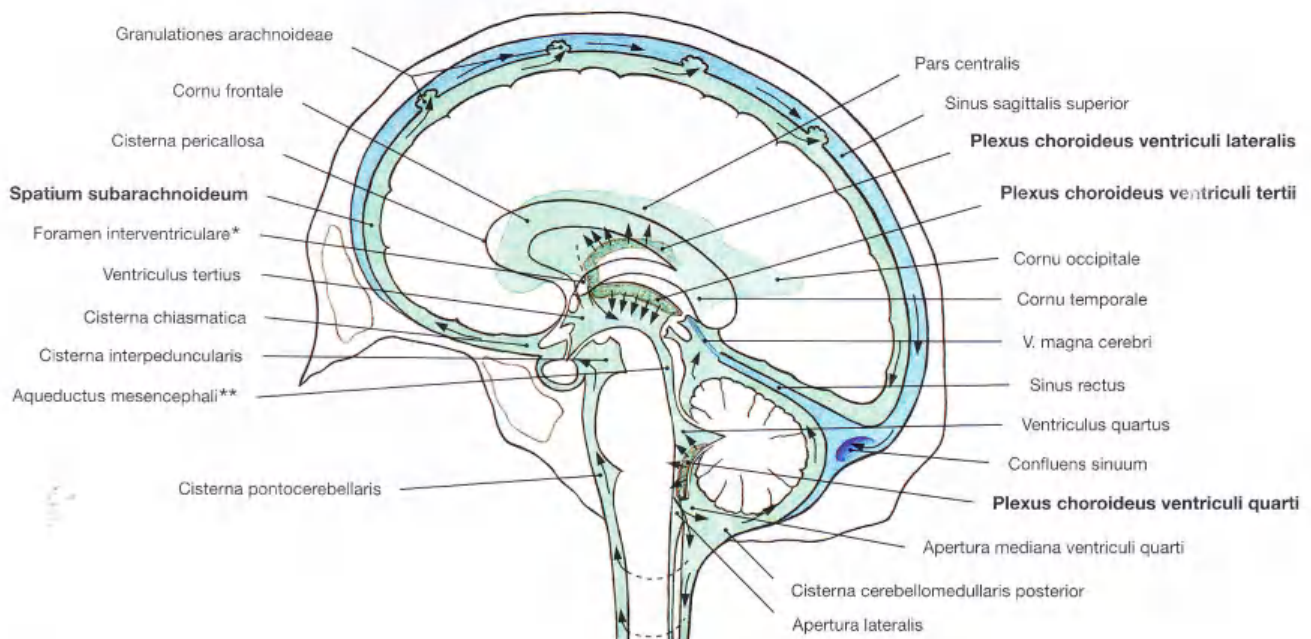
Tractus pyramidalis

Gambar 12.78 Tractus pyramidalis dan Nuclei basales; potongan oblik tidak rata melalui Crus posterius capsula interna, Pedunculi cerebellares, dan Medulla oblongata; dilihat dari anterior; Tractus pyramidalis ditunjukkan dalam warna, kanan: merah muda, kiri: hijau. Tractus pyramidalis menyampaikan impuls motorik dari Cortex motorik ke Nuclei efferen motorik Nervi craniales (Fibrae corticonucleares) dan ke neuron motorik di Cornu anterior Medulla spinalis (Fibrae corticospinales). Fibrae tersebut **berasal** dari Gyrus precentralis, dari area motorik sekunder, dan dari area somatosensorik kortikal. Fibrae **konvergens** menciptakan Corona radiata. Fibrae ini, yang tersusun secara somatotopis, melintas melalui Genu dan Crus posterius capsula interna (→ Gambar 12.77). Di Mesencephalon, Fibrae ini memasuki **Crura cerebri**. Di sepanjang jalan melintasi Truncus encephali, Fibrae corticonucleares keluar dari Tractus pyramidalis di berbagai macam tingkatan. Di **Decussatio pyramidum**, sebagian besar Fibrae corticospinales yang masih ada menyilang ke sisi berlawanan, dan sebagian kecil akan tetap berjalan di sisi ipsilateral menuju ke bawah dan menyilang ke sisi berlawanan hanya di dalam Medulla spinalis.

Catatan Klinis

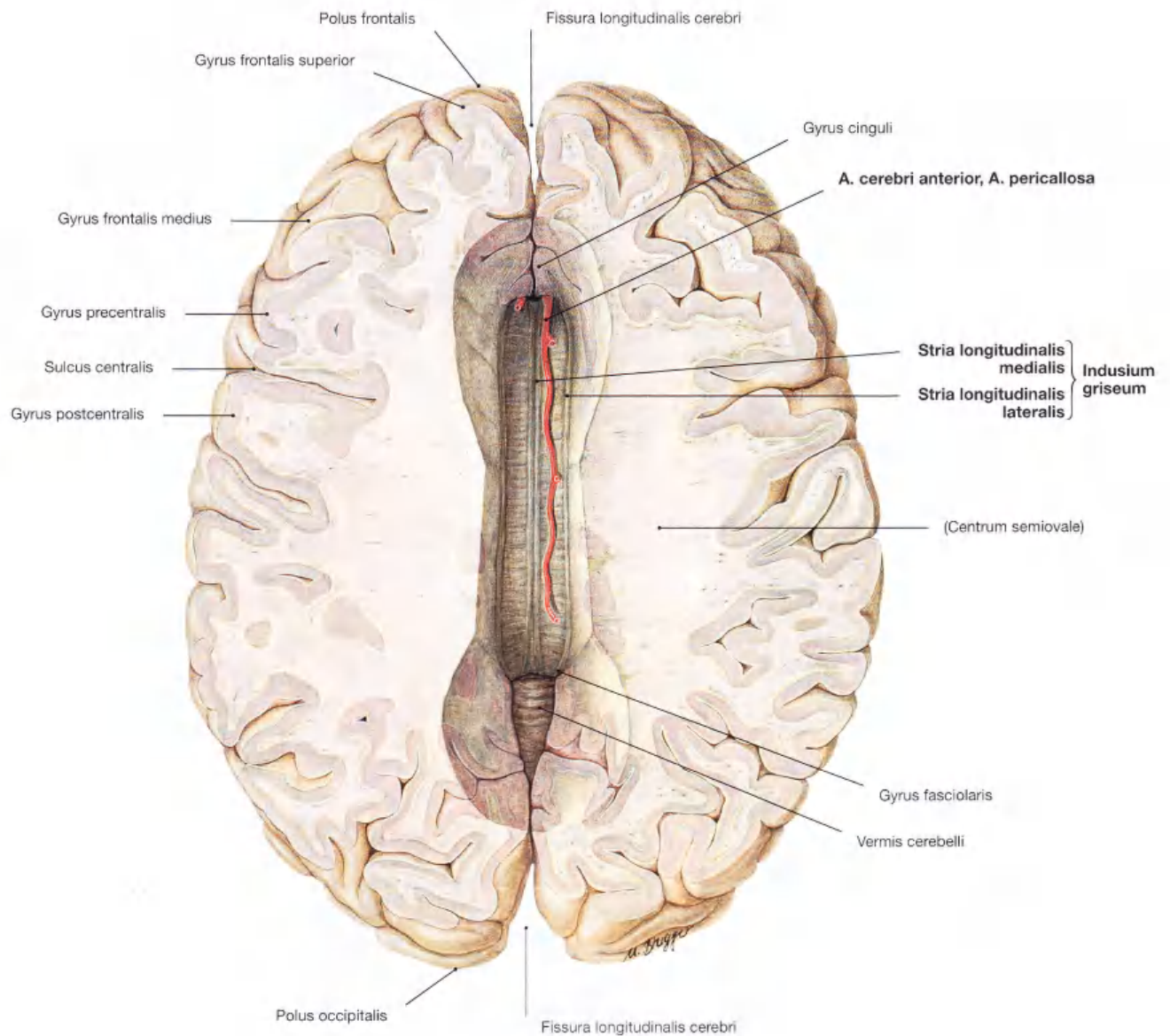
Lesi Tractus pyramidalis awalnya akan menyebabkan paralisis *flaccid* otot-otot di sisi kontralateral, meski penyampaian potensial aksi tetap berjalan dengan baik di sistem saraf perifer dan otot. Secara khusus, keterampilan motorik halus tangan dan kaki mengalami gangguan, sementara pola pergerakan kasar di ekstremitas proksimal dan torso biasanya tidak terganggu. Lesi piramidal mencetuskan refleks primitif yang dahulu dihambat oleh sistem motorik kortikospinal, seperti **refleks BABINSKI.** Hingga usia 2 tahun, serabut-serabut saraf Tractus pyramidalis belum sepenuhnya diselubungi myelin sehingga refleks-refleks primitif, seperti refleks BABINSKI (penggoresan sisi lateral telapak kaki akan menyebabkan ekstensi ibu jari kaki ke arah dorsal), dianggap sebagai hal normal dan bila muncul di atas usia 2 tahun, refleks ini dianggap sebagai respons refleks patologis.

Dengan berjalannya waktu, penderita lesi Tractus pyramidalis akan mengalami peningkatan tonus otot dan refleks ekstensor, tetapi kekuatan refleks fleksor akan melemah. Namun, sindrom paralisis spastik ini mencerminkan cedera tambahan terhadap Tractus reticulospinalis (ekstrapiramidal).

Ventriculi encephali

Gambar 12.79 Ventriculi encephali; dilihat dari sisi kiri.
Spatium subarachnoideum bagian dalam terdiri atas sistem ventrikular dan Canalis centralis Medulla spinalis. Sistem ventrikular terdiri atas **sepasang Ventriculus lateralis** disertai Cornu frontale, Pars centralis, Cornu occipitale, dan Cornu temporale, **Ventriculus tertius**, Aqueductus mesencephali, dan **Ventriculus quartus**.

Gambar 12.80 Ventriculi encephali; dilihat dari anterior.
Pada gambar dari sisi anterior ini, sepasang Ventriculus lateralis dan Ventriculi tertius et quartus yang terletak di medial telah diproyeksikan ke Encephalon.

Spatium subarachnoideum bagian dalam dan luar

Gambar 12.81 Ventriculi encephali bagian dalam; spesimen cetakan korosi; pandangan oblik dari sisi kiri.
Masing-masing Ventriculus lateralis terhubung dengan Ventriculus tertius oleh Foramen interventriculare (**foramen MONRO**) yang terpisah. Ventriculus tertius terhubung dengan Ventriculus quartus melalui **Aqueductus mesencephali**. Ventriculus quartus memiliki tiga bukaan (Aperturae) menuju Spatium subarachnoideum bagian luar: Apertura mediana (foramen MAGENDIE) dan sepasang Apertura lateralis (foramina LUSCHKA).

Gambar 12.82 Ventriculi encephali dan Spatium subarachnoideum; skema sirkulasi (anak panah) Liquor cerebrospinalis dari Spatium subarachnoideum bagian dalam ke luar.
Ruang di antara Arachnoid dan Pia mater menjadi Spatium subarachnoideum bagian luar. Ruang ini mengelilingi Encephalon serta Medulla spinalis. Plexus choroidei di dalam Ventriculi menghasilkan sebagian besar Liquor cerebrospinalis.
Volume cairan yang beredar dalam sirkulasi (150 mL) senantiasa ditukar (volume produksi cairan setiap hari mencapai sekitar 500 mL). Liquor cerebrospinalis (LCS) memiliki berbagai macam **fungsi**. LCS bekerja sebagai bantalan guna melindungi SSP dari gaya mekanis, mengurangi bobot SSP (LCS menciptakan daya apung yang membuat bobot SSP berkurang 97%, dari 1400 g menjadi 45 g), menunjang metabolisme SSP, membuang zat yang beracun, dan mengangkut hormon (contohnya leptin).

* istilah klinis: foramen MONRO
** istilah klinis: Aqueductus SYLVIUS

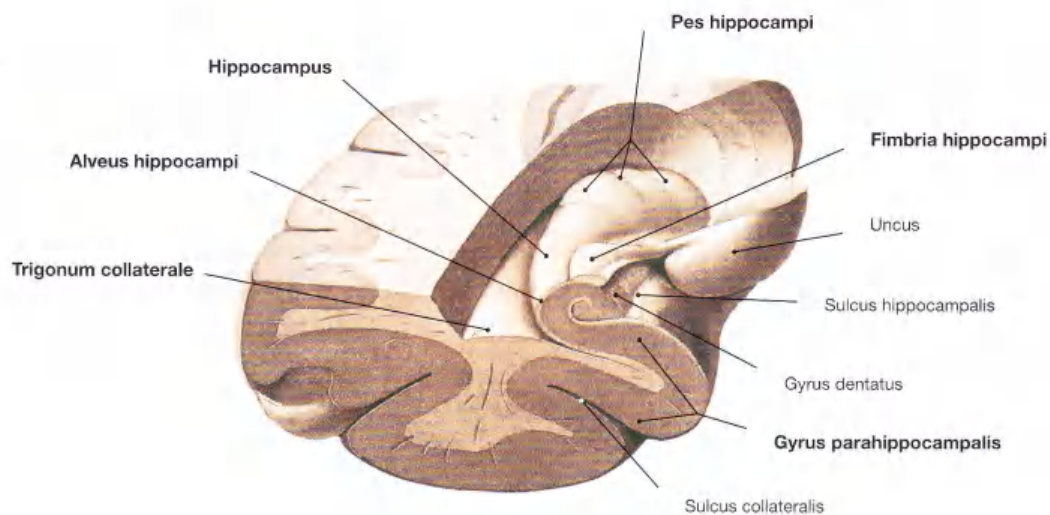
Ventriculi

Gambar 12.83 Corpus callosum; dilihat dari superior; setelah bagian atas Hemispherium cerebri diangkat.
Pengamatan Corpus callosum dari atas memperlihatkan orientasi Striae longitudinales mediales et laterales milik Indusium griseum (dianggap sebagai bagian kortikal dari sistem limbik) dari rostral ke occipital, begitu pula dengan A. pericallosa (A. cerebri anterior). Corpus callosum terdiri atas bagian Rostrum, Genu, Truncus, dan ujung posterior yang menebal (Splenium; → Gambar 12.127). Corpus callosum menjadi atap Ventriculi laterales dan dibentuk oleh Fibrae commissurales yang menghubungkan Hemispherium yang satu dengan yang lain. Diperkirakan ada 200 juta akson di dalam Corpus callosum. **Fungsi** Corpus callosum mencakup pertukaran informasi dan koordinasi di antara kedua Hemispherium; masing-masing Hemispherium memiliki peran yang berbeda di dalam pengolahan informasi.

Catatan Klinis

Pemotongan Corpus callosum lewat pembedahan telah dipergunakan sebagai terapi bagi beberapa bentuk epilepsi berat (Splenium hampir selalu dijaga tetap utuh). Alasan dikerjakannya terapi yang ekstrem ini adalah guna mencegah penyampaian eksitasi otak yang tidak teratur ke Hemispherium cerebri yang masih sehat. Terjadi penurunan frekuensi dan derajat keparahan kejang epilektik yang bermakna. Akan tetapi, pembedahan yang juga disebut **operasi pemisahan otak** (split-brain operation) atau callosotomia ini membuat sang penderita mengalami gangguan kognitif berat dan sindrom pemisahan otak. Oleh sebab itu, pembedahan ini sudah banyak ditinggalkan. Penjelasan yang rinci akan penderita **sindrom pemisahan otak** ini disajikan dalam buku karangan Oliver Sacks, seorang ahli saraf dan penulis novel "The Man Who Mistook His Wife for a Hat" di tahun 1985.

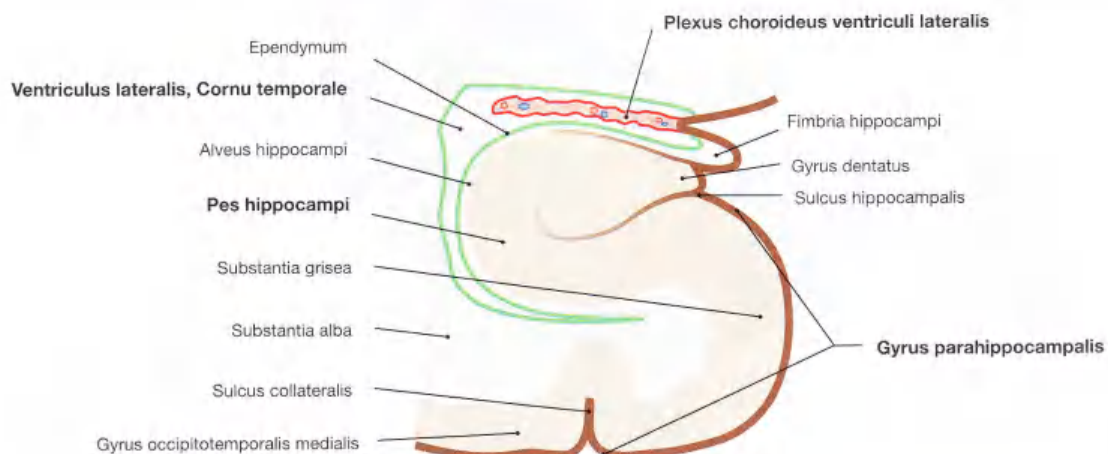
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Nucleus caudatus, Corpus
Capsula interna
Insula [Lobus insularis]
Fossa lateralis
Polus temporalis
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
Fimbria hippocampi
Eminentia collateralis
Trigonum collaterale
Corpus callosum, Truncus
V. thalamostriata superior
Fornix, Crus
Calcar avis
Ventriculus lateralis, Cornu occipitale
Hippocampus, Alveus hippocampi

Gambar 12.84 Ventriculi laterales; pandangan posterior superior dari sisi kiri; setelah bagian atas Hemispherium cerebri diangkat.
Kedua Ventriculi laterales dapat terlihat. Perjalanan **Plexus choroideus** tampak di Ventriculus lateralis kiri. Plexus choroideus telah diangkat oleh satu pengungkit di tempat transisi dari Pars centralis ke Pars temporalis ventriculus lateralis. Plexus choroideus **menghasilkan Liquor cerebrospinalis.**

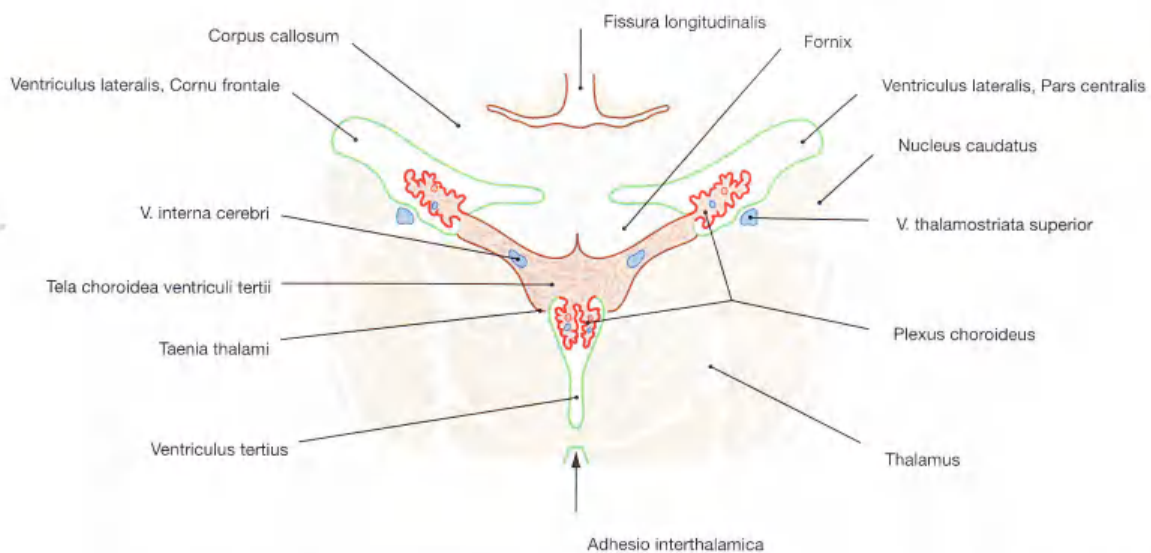
Atap dan dinding lateral Cornu occipitale dibentuk oleh tapetum (Radiatio corporis callosi, Radiatio optica) (tidak terlihat). Calcar avis menjadi dinding medialnya, dan Trigonum collaterale serta Eminentia collateralis menjadi lantainya. Atap dan dinding lateral Cornu temporale adalah bagian dari Cauda nuclei caudati dan tapetum (tidak terlihat), Fimbria hippocampi dan Plexus choroideus menjadi dinding medialnya, dan lantainya disusun oleh Eminentia collateralis dan Alveus hippocampi (→ Gambar 12.87, 12.123 hingga 12.126).

Gambar 12.85 Cornu temporale, Ventriculus lateralis sinistra; potongan frontal setelah dinding temporal diangkat; dilihat dari posterior superior.
Hippocampus, Alveus hippocampi, Fimbriae hippocampi, dan Pes hippocampi membentuk bagian-bagian lantai Cornu temporale milik Ventriculus lateralis. Trigonum collaterale juga terlihat. Pembentukan Hippocampus beserta Gyrus parahippocampalis terlihat di potongan frontal. **Hippocampus** merupakan unsur penting sistem limbik (→ Gambar 12.47) dan terlibat di dalam proses belajar, ingatan, dan emosi.

Ventriculi

Gyrus cinguli
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Cavum septi pellucidi
Septum pellucidum
Fornix, Columna
Foramen interventriculare
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Fornix, Corpus
Insula [Lobus insularis]
Fornix, Crus
Fimbria hippocampi
Hippocampus
Trigonum collaterale
Calcar avis
Ventriculus lateralis, Cornu occipitale
Corpus callosum, Genu
Corpus callosum, Rostrum
Nucleus caudatus, Caput
V. thalamostriata superior
Stria terminalis
Nucleus caudatus, Corpus
Lamina affixa
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Tela choroidea ventriculi tertii
Glomus choroideum
Corpus callosum, Splenium
Vermis cerebelli
M. Brugger

Gambar 12.86 Ventriculi laterales; dilihat dari superior; setelah bagian atas Hemispherium cerebri dan Pars centralis corpus callosum diangkat.
Sudut pandang ini menampilkan Cornu frontale, Pars centralis dan Cornu occipitale serta transisi kedua Ventriculus lateralis ke Cornu temporale. Batas-batas **Cornu frontale** meliputi Genu Corpus callosum (dinding anterior), Truncus Corpus callosum (atap, tidak terlihat, karena Corpus callosum dilepas dari perlekatannya di Genu dan Splenium), Septum pellucidum (dinding medial), Caput nucleus caudatus (dinding lateral), serta rostrum Corpus callosum (lantai). Foramina interventricularia (**foramina MONRO**) di Cornu frontale juga bisa terlihat. Seperti Pars frontalis, atap Pars centralis dibentuk oleh Truncus corpus callosum (telah diangkat). Crus fornix dan Septum pellucidum menjadi dinding di medial, Corpus nucleus caudatus menjadi dinding lateral, dan lantainya terdiri atas Lamina affixa plexus choroideus dan Crus fornix.

Gambar 12.87 Cornu temporale ventriculus lateralis; skema potongan frontal.
Skema ini memperlihatkan hubungan topografik Ventriculus lateralis dan pembentukan Hippocampus. Plexus choroideus menonjol ke dalam Ventriculus lateralis. Dinding Ventriculus diwarnai hijau terang, sementara Liquor cerebrospinalis dan ruangan dalam Ventriculus diwarnai putih.

Fissura longitudinalis cerebri
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Cavum septi pellucidi
Septum pellucidum
Fornix, Columna
Foramen interventriculare
Insula [Lobus insularis]
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Capsula interna
Nucleus caudatus, Cauda
Fornix, Crus
Hippocampus
Trigonum collaterale
Calcar avis
Ventriculus lateralis, Cornu occipitale
Corpus callosum, Genu
Corpus callosum, Rostrum
Nucleus caudatus, Caput
V. thalamostriata superior
Stria terminalis
Lamina affixa
Taenia fornicis
Nucleus caudatus, Corpus
Plexus choroideus ventriculi tertii
Tela choroidea ventriculi tertii
V. interna cerebri
Glandula pinealis
V. magna cerebri
Vermis cerebelli
M. Brugger

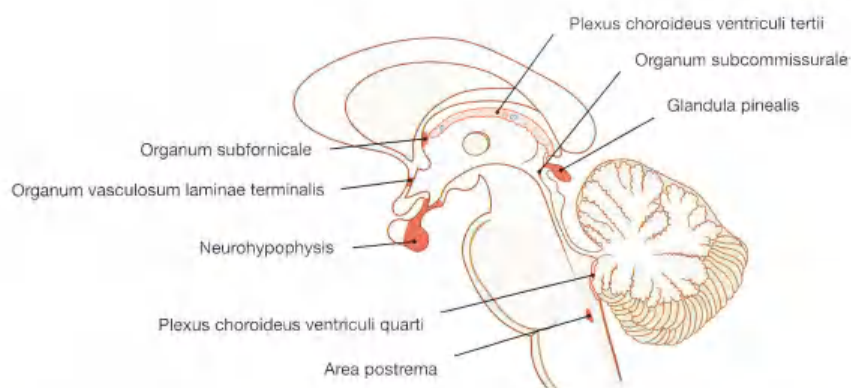
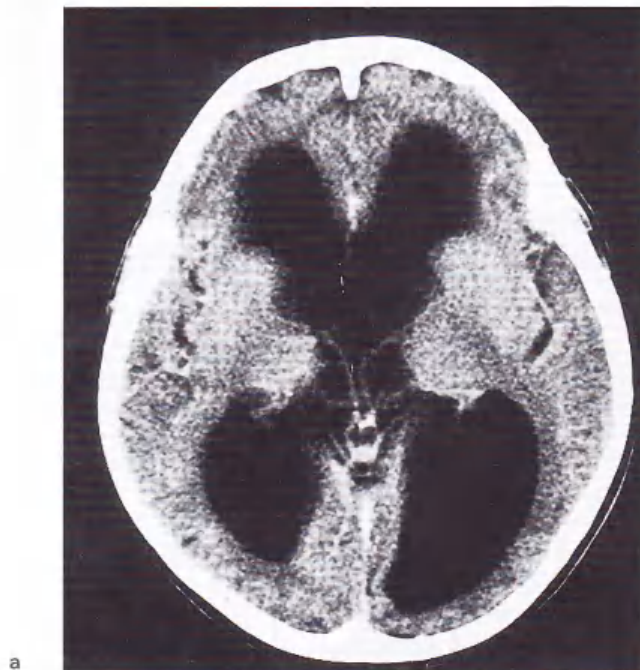
Gambar 12.88 Ventriculi laterales; dilihat dari superior; setelah Pars centralis corpus callosum dan Columna fornicis diangkat.
Di dalam gambar, tampak Tela choroidea yang melingkupi Ventriculus tertius. Vv.internae cerebri melintas dan mengalir ke V. magna cerebri. Tampak Cornu frontale, Pars centralis, dan Cornu occipitale ventriculus lateralis. Di lateral, **Plexus choroideus** terus berlanjut di sisi Hippocampus ke dalam Cornu temporale.

Gambar 12.89 Plexus choroideus di dalam Ventriculi laterales dan Ventriculus tertius; skema potongan frontal. (menurut [2])
Plexus choroideus menghasilkan Liquor cerebrospinalis (LCS) dan bisa dijumpai di dalam sepasang Ventriculi laterales (Ventriculus lateralis, kiri pertama dan kanan kedua) serta di dalam Ventriculi tertius et quadratus (tidak terlihat di gambar).
Di dalam Plexus choroideus, darah kapiler dan ruang LCS dipisahkan oleh **sawar darah-LCS**.

Ventriculi

Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Cavum septi pellucidi
Septum pellucidum
Fornix, Columna
Foramen interventriculare
V. thalamostriata superior
Taenia thalami
Stria terminalis
Taenia choroidea
Nucleus caudatus, Cauda
Plexus choroideus ventriculi tertii
Tela choroidea ventriculi tertii
V. magna cerebri
V. interna cerebri
Corpus callosum, Genu
Nucleus caudatus, Caput
(Recessus triangularis)
Commissura anterior
Recessus supraopticus
Recessus infundibuli
Adhesio interthalamica*
Thalamus
Nucleus caudatus, Corpus
Sulcus hypothalamicus
Aqueductus mesencephali
Commissura posterior
Recessus pinealis
Commissura habenularum
Glandula pinealis
Recessus suprapinealis

Gambar 12.90 Ventriculi laterales dan Ventriculus tertius; dilihat dari superior; bagian-bagian Hemispherium cerebri, Pars centralis corpus callosum serta Fornix dan Plexus choroideus telah diangkat, Tela choroidea ventriculus tertius telah dilipat.
Batas-batas ventriculus tertius antara lain:

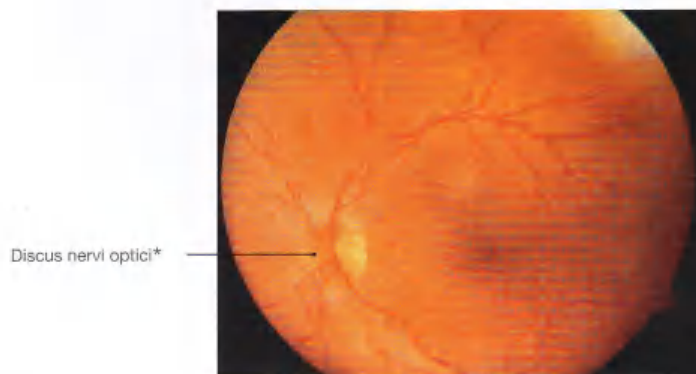
- Atap: Tela choroidea dan Plexus choroideus
- Dinding anterior: Columnae fornicis, Commissura anterior, Lamina terminalis, Recessus triangularis, dan Recessus supraopticus.
- Dinding lateral: Thalamus, Stria medullaris thalami, Sulcus hypothalamicus, dan Hypothalamus (dinding)
- Dinding posterior: Commissura habenularum, Commissura posterior, Recessus suprapinealis, dan Recessus pinealis
- Lantai: Recessus infundibuli

* Adhesio interthalamica dipotong di bidang median

Gambar 12.91 Organ-organ sirkumventrikular, potongan median sagital. Ciri khas organ sirkumventrikular adalah vaskularisasi yang sangat baik, ependima yang telah mengalami modifikasi (tanisit dengan taut erat) dan pembentukan sawar darah-LCS dan bukannya sawar darah-otot.
Organ-organ sirkumventrikular meliputi neurohipofisis, Eminentia mediana, Glandula pinealis serta Organum vasculosum laminae terminalis dan Organum subfornicale (keduanya: pengaturan volume darah dan tekanan darah, sekresi hormon seperti angiotensin, somatostatin, memicu demam), Organum subcommissurale (hanya dijumpai pada janin dan neonatus, sekresi produk kaya-glikoprotein), dan Area postrema (memicu muntah).

a

b

Gambar 12.92a dan b Potongan transversal CT kepala. [23]

a **CT *scan*** penderita sumbatan Liquor cerebrospinalis yang disebabkan oleh obstruksi Aqueductus mesencephali. Ventriculi cerebri menjadi begitu besar (hidrosefalus) dan mendesak parenkim Cerebrum. Penderita ini mengalami disabilitas mental hebat dan gangguan berat dalam berjalan.

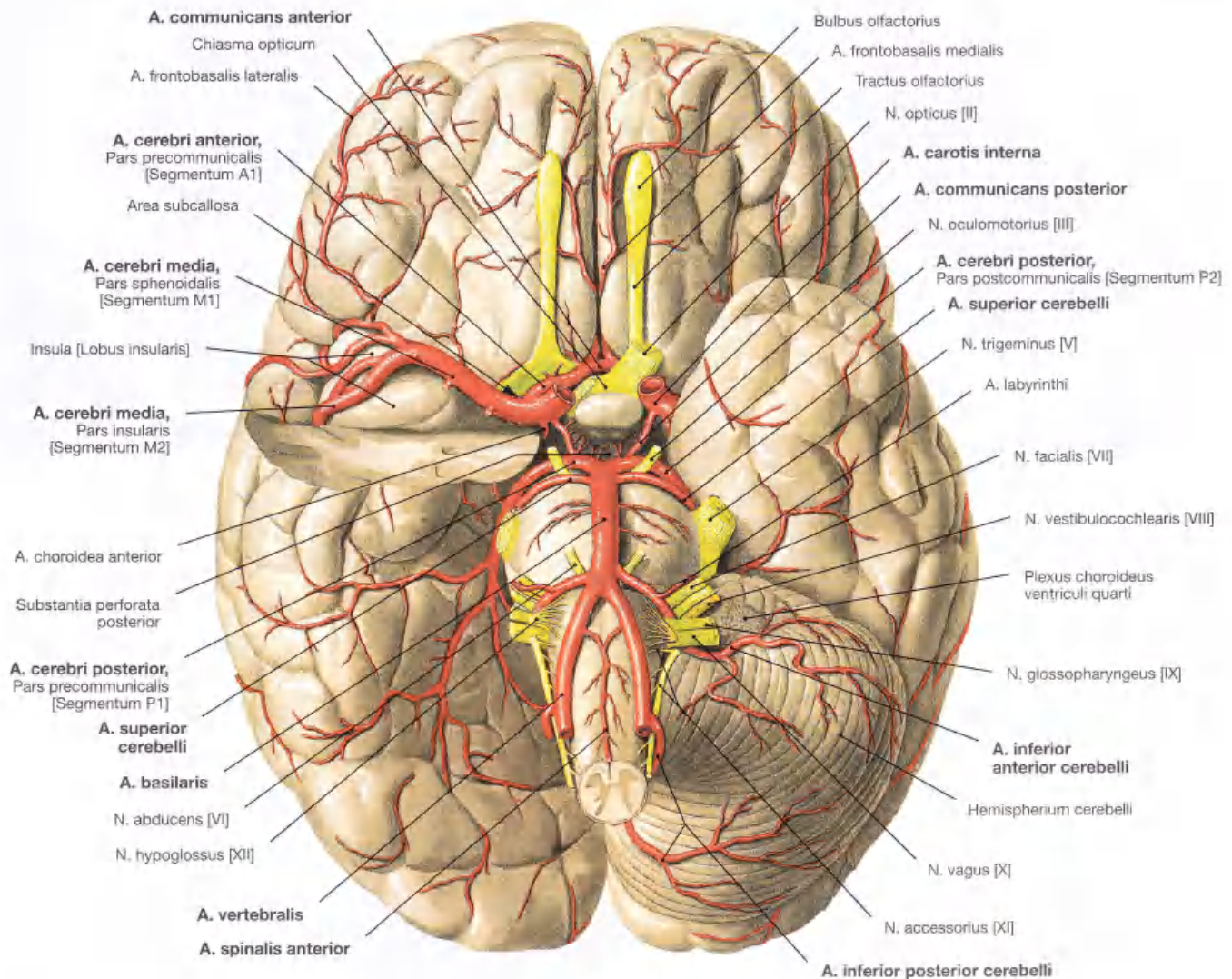
b **CT *scan*** orang sehat

Gambar 12.93 Fundus oculi; sisi kiri; dilihat dari anterior; tampilan oftalmoskopik Fovea sentralis yang mengalami papilloedema akibat peningkatan tekanan intrakranial.
Pemeriksaan Fundus oculi memperlihatkan adanya pembengkakan Papilla nervi optici akibat neurositoma intraventrikular WHO *grade* II. Karena N.opticus [II] dikelilingi oleh meninges dan Liquor cerebrospinalis, Discus nervi optici menonjol ke dalam Bulbus oculi.

* Istilah klinis: Discus nervi optici atau "titik buta" (discus = Papilla nervi optici)

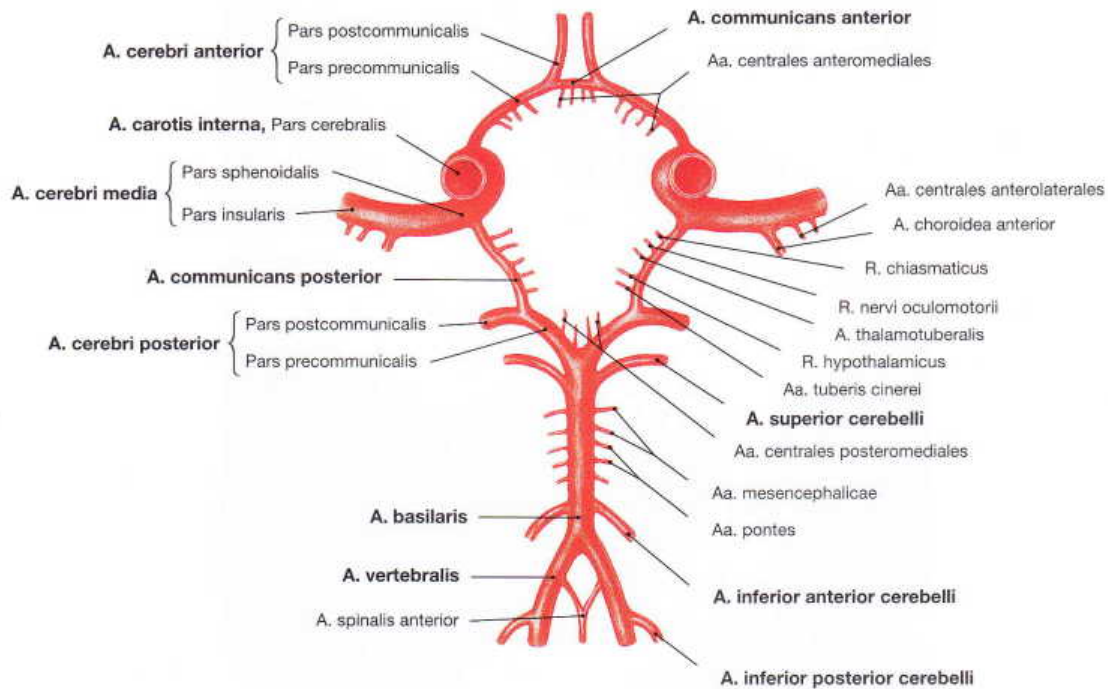
Catatan Klinis

Organ-organ sirkumventrikular (→ Gambar 12.91) tidak memiliki **sawar darah-otak** sehingga mampu memantau keadaan plasma-darah. Ini tidak hanya penting bagi peran farmakologis. Area postrema mengandung berbagai macam reseptor dopamin dan serotonin. Antagonis dopamin dan serotonin merupakan anti-emetik yang ampuh. Selain itu, aktivasi kemoreseptor di Area postrema menjadi mekanisme pelindung bagi tubuh, seperti dicontohkan oleh muntah yang dipicu di sentral akibat penelanan makanan beracun. Ini akan menyingkirkan sebagian besar zat yang berpotensi membahayakan tubuh.

Gangguan pengaliran Liquor cerebrospinalis (LCS) bisa disebabkan oleh tumor, deformitas, perdarahan, atau sebab lain dan, akibat peningkatan tekanan intrakranial, timbul bersama nyeri kepala, mual, dan protrusi Papilla nervi optici (papilloedema) (→ Gambar 12.93). **Hidrosefalus internus** (→ Gambar 12.92) disebabkan oleh sumbatan Spatium subarachnoideum bagian dalam (intraserebral) disertai akumulasi LCS di dalam ventrikel, sementara akumulasi LCS di Spatium subarachnoideum bagian luar merupakan gambaran khas **Hidrosefalus eksternus. Hidrosefalus e vakuo** terjadi akibat peningkatan ukuran ventrikel karena penipisan jaringan otak, seperti pada penyakit ALZHEIMER.

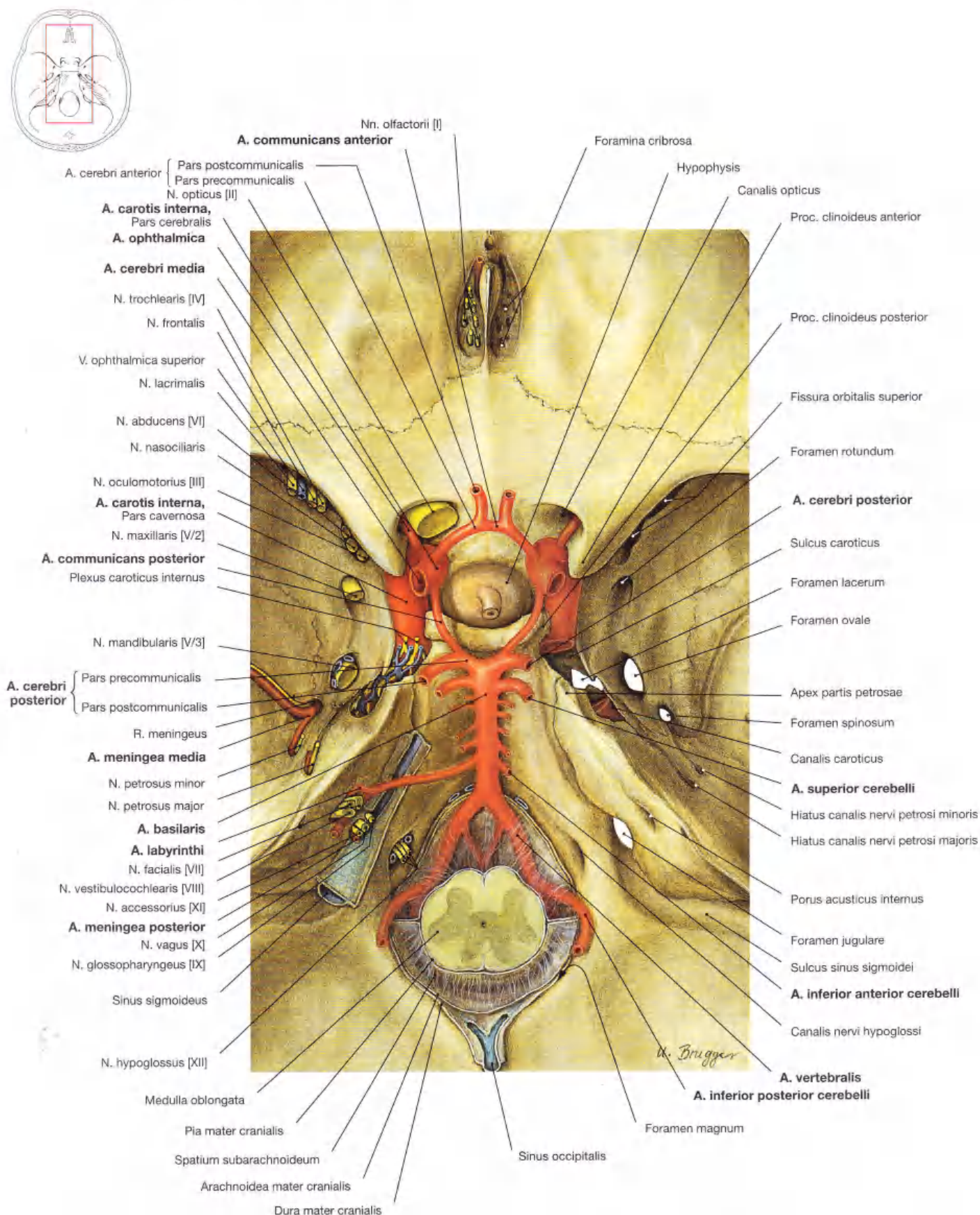
Arteriae di Basis cranii

Gambar 12.94 Arteriae di Encephalon; dilihat dari inferior.
Gambar ini memperlihatkan lokasi Arteriae di Basis cranii. Aa. vertebrales bersatu dan membentuk A. basilaris yang mempercabangkan Aa. cerebri posteriores dan cabang-cabang bagi Truncus encephali, Cerebellum, dan telinga bagian dalam (disebut juga **tributaria vertebralis**). Arteri-arteri penghubung berukuran kecil (Aa.communicantes posteriores) menjadi penghubung di antara Aa. cerebri posteriores dan dua Aa. carotides internae. Tiap-tiap arteri tadi memberi satu A. cerebri media dan satu A. cerebri anterior yang secara bersama-sama memasok sebagian besar darah bagi Hemispherium (disebut juga **tributaria karotis**). A. communicans anterior menghubungkan kedua Aa. cerebri anteriores.
Secara klinis, Aa.cerebri anterior, media et posterior terbagi menjadi beberapa segmen. Segmen A1 (Pars precommunicalis) berhubungan dengan bagian A. cerebri anterior di proksimal A. communicans anterior dan bagian distal dari A.communicans anterior merupakan segmen A2 (Pars infracallosa). Segmen A3 (Pars precallosa) menggambarkan bagian A. cerebri anterior yang terletak di depan Corpus callosum dan bagian yang terletak di atas Corpus callosum menjadi segmen A4 (Pars supracallosa). Para klinis menyebut bagian A. cerebri anterior di distal A.communicans anterior sebagai A. pericallosa. A. cerebri media tersusun atas segmen-segmen M1 (Pars sphenoidalis), M2 (Pars insularis), M3 (Pars opercularis), dan M4 (Pars terminalis). A.cerebri posterior terbagi menjadi empat segmen; P1 (Pars precommunicalis; di proksimal A.communicans posterior), P2 (Pars postcommunicalis; sampai ke batas posterior Truncus encephali), P3 (Pars quadrigemina; sampai ke tempat masuknya A. cerebri posterior ke dalam Fissura calcarina), dan P4 (tidak ada istilah Latinnya; pembagian ke dalam dua cabang arteri). Beberapa segmen terlihat di dalam gambar ini.

Catatan Klinis

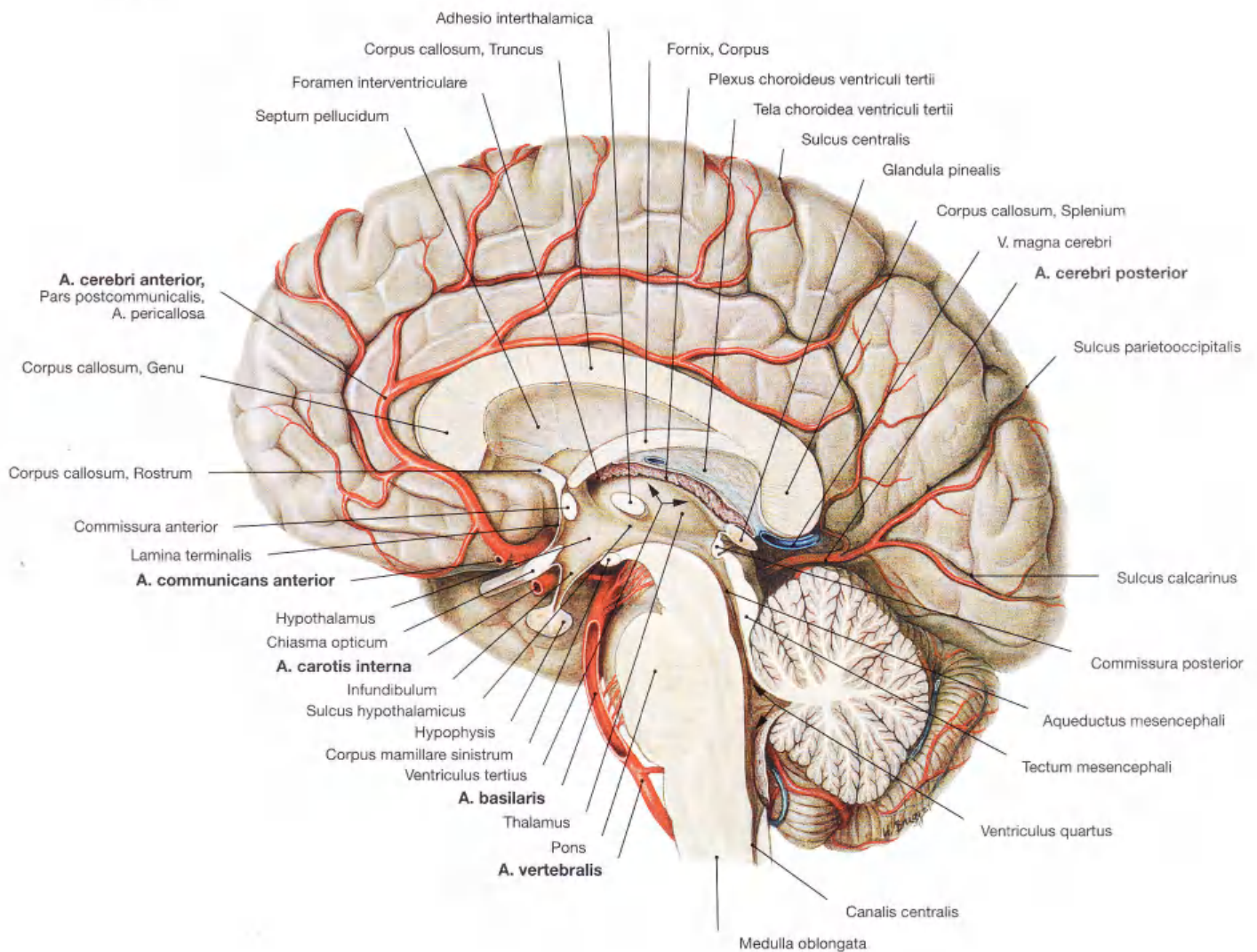
Salah satu bentuk iskemia serebral yang paling sering dijumpai di dalam tributaria vertebralis disebut **sindrom WALLENBERG** (sindrom medulla oblongata dorsolateral). Karena A.inferior posterior cerebelli tersumbat, gejala ini meliputi nistagmus, gangguan keseimbangan dan menelan (disfagia), singultus yang tak terkendali, disfonia, dan pusing.

Gambar 12.95 Circulus arteriosus cerebri (Circulus WILLISII); dilihat dari superior.
Aa. communicantes posteriores di kedua sisi menghubungkan Aa. cerebri posteriores dengan Partes cerebrales Aa. carotides internae. Di depan, A. communicans anterior menghubungkan dua Aa. cerebri anteriores. Rangkaian ini menciptakan satu lingkaran arteri tertutup yang menyajikan anastomosis di antara dua Aa. carotides internae dan Tributaria vertebralis.

Catatan Klinis

Dari semua **aneurisma Cerebri**, lebih dari 90% terjadi di pembuluh darah serebral yang menyusun Circulus arteriosus cerebri (Circulus WILLISII). A. communicans anterior, diikuti oleh A. carotis interna, merupakan pembuluh darah serebral yang paling sering terkena. Kebanyakan aneurisma cerebri disebabkan oleh defek kongenital di Tunica media dinding vaskular yang dekat dengan titik percabangan. Sering kali, aneurisma terkait dengan penyakit lain, seperti ginjal polikistik atau displasia fibromuskular. Kebanyakan aneurisma tidaklah bergejala. Akan tetapi, kantong aneurisma bisa menekan Nervi craniales di dekatnya. Aneurisma cerebri cenderung pecah dan menjadi penyebab tersering perdarahan subarachnoid. Menjelang ruptur, timbul nyeri kepala hebat dan mendadak disertai muntah dan penurunan kesadaran.

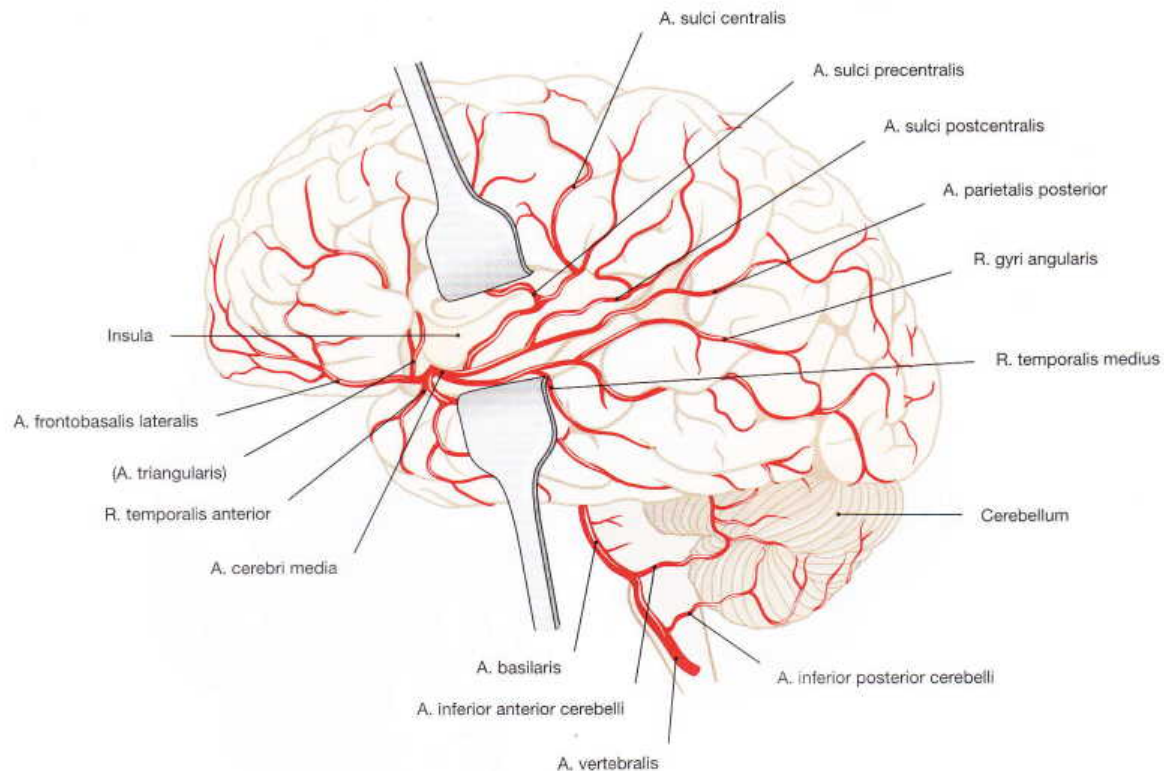
Pembuluh darah dan saraf Basis cranii

Gambar 12.96 Perjalanan pembuluh darah dan saraf melalui Basis cranii interna dan Circulus arteriosus cerebri (Circulus WILLISII); dilihat dari superior.

Dilihat dari superior, Circulus arteriosus cerebri terproyeksi ke Fossa hypophysialis. A. ophthalmica dipercabangkan dari **A. carotis interna** di Canalis nervi optici dan, bersama dengan N. opticus [II], memasuki Orbita melalui saluran bertulang ini. **A. basilaris** berjalan di atas Clivus. **A. inferior anterior cerebelli** berasal dari A. basilaris dan memberi cabang **A. labyrinthi** keti ka melintasi Porus acusticus internus atau memasukinya dalam bentuk S.

Untuk melihat gambaran umum perjalanan pembuluh darah dan saraf tersebut melintasi Basis cranii interna → Gambar 8.16 dan 8.17.

Gambar 12.97 Facies medialis hemispherii cerebri, Diencephalon dan Truncus encephali; potongan median tidak rata; dilihat dari sisi kiri.

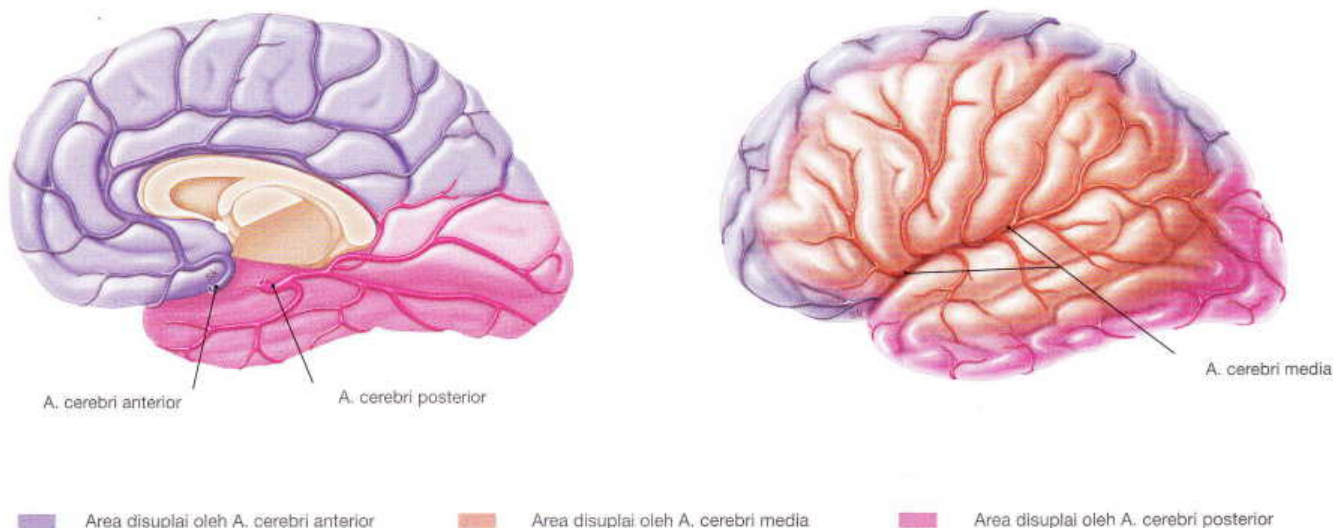
Begitu A. communicans anterior dipercabangkan dari **A. cerebri anterior**, Pars postcommunicalis (A. pericallosa) A. cerebri anterior berjalan di sekitar Rostrum dan Genu corpus callosum dan berjalan di permukaan atas Corpus callosum. Perpanjangannya mencapai Sulcus parietooccipitalis. A. cerebri anterior mendarahi area medial Lobi frontalis et parietalis serta tepi Hemispherium dan sedikit area di sisi kecembungan Cerebrum (→ hal. 271).

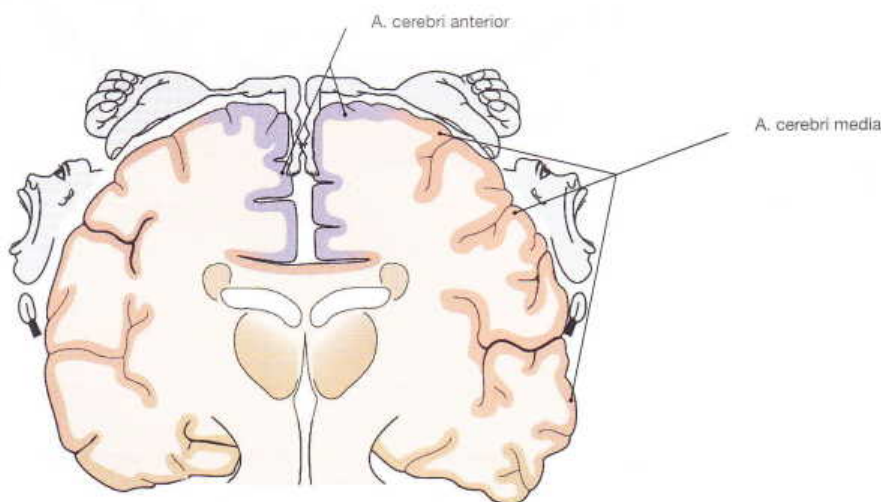
A. cerebri posterior berjalan menuju Lobus occipitalis, bagian basal Lobus temporalis, bagian bawah Striatum (tidak terlihat) dan ke Thalamus.

Arteri Encephalon

Gambar 12.98 Cabang-cabang A. cerebri media di Insula, dan di Cortex cerebri bagian luar; dilihat dari sisi kiri. (menurut [2])
A. cerebri media memasuki Fossa lateralis dari sisi lateral dan terbagi menjadi empat bagian (→ Gambar 12.94):

- Pars sphenoidalis (tidak terlihat; M1)
- Pars insularis, disertai cabang-cabang pendek ke Cortex insula (M2)
- Pars opercularis menuju Cortex lobus temporalis (A. frontobasalis lateralis dan Aa. temporales; M3)
- Rr. terminales inferiores et superiores (Pars terminalis; M4) untuk Cortex di area Sulcus centralis dan Lobus parietalis.

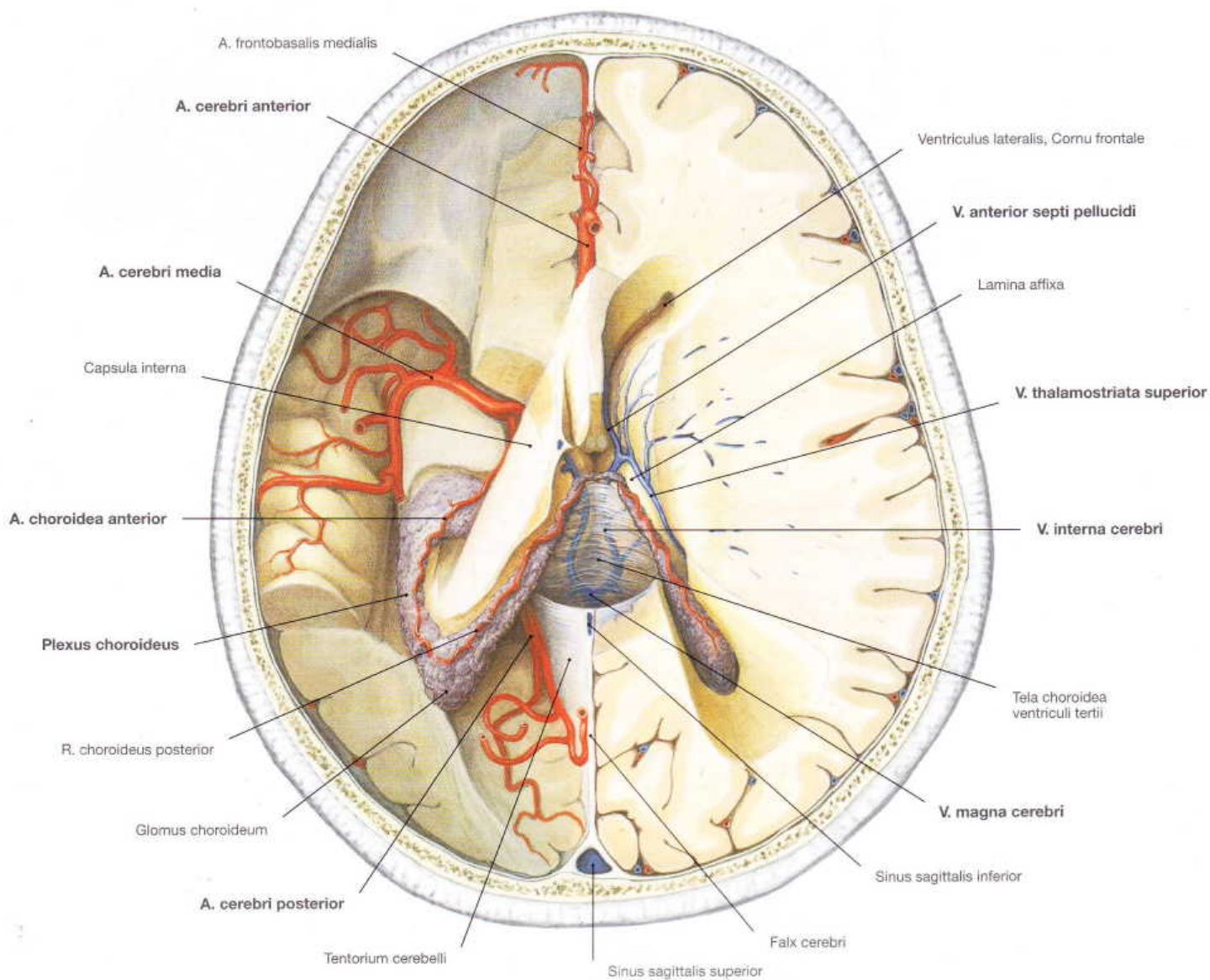
Catatan Klinis

Oklusi A. cerebri media segera setelah dipercabangkan dari A. carotis interna akibat arteriosklerosis atau embolus menyebabkan **infark cerebri** (stroke iskemik) disertai gejala-gejala berat, meliputi hemiplegia kontralateral, terutama di daerah brachiofacial, disertai kelemahan dan penurunan sensasi (hipestesia, penurunan sensasi sentuh dan tekanan di kulit yang sifatnya setempat atau umum). Bila yang terkena adalah Hemispherium yang dominan, timbul gejala tambahan, meliputi afasia (gangguan wicara), agrafia (tidak mampu menulis kata atau teks, meski kemampuan motorik dan intelektualitas sudah terbentuk baik), dan aleksia (tidak mampu membaca). Pada penderita tekanan darah tinggi (hipertensi), perubahan dinding pembuluh darah serebral mampu menyebabkan ruptur vaskular dan perdarahan ke dalam parenkim Cerebrum (hingga mencapai perdarahan yang luas). Ganglia basalis khusus-nya rentan terhadap gangguan ini.

Gambar 12.99 Arteriae Hemispherium cerebri kanan; dilihat dari sisi kiri.
A. cerebri anterior mendarahi sisi medial Lobi frontalis et parietalis hingga melampaui tepi Hemispherium dan naik ke atas Sulcus parietooccipitalis. Lobus occipitalis dan Basis lobus temporalis menerima darah dari **A. cerebri posterior**.

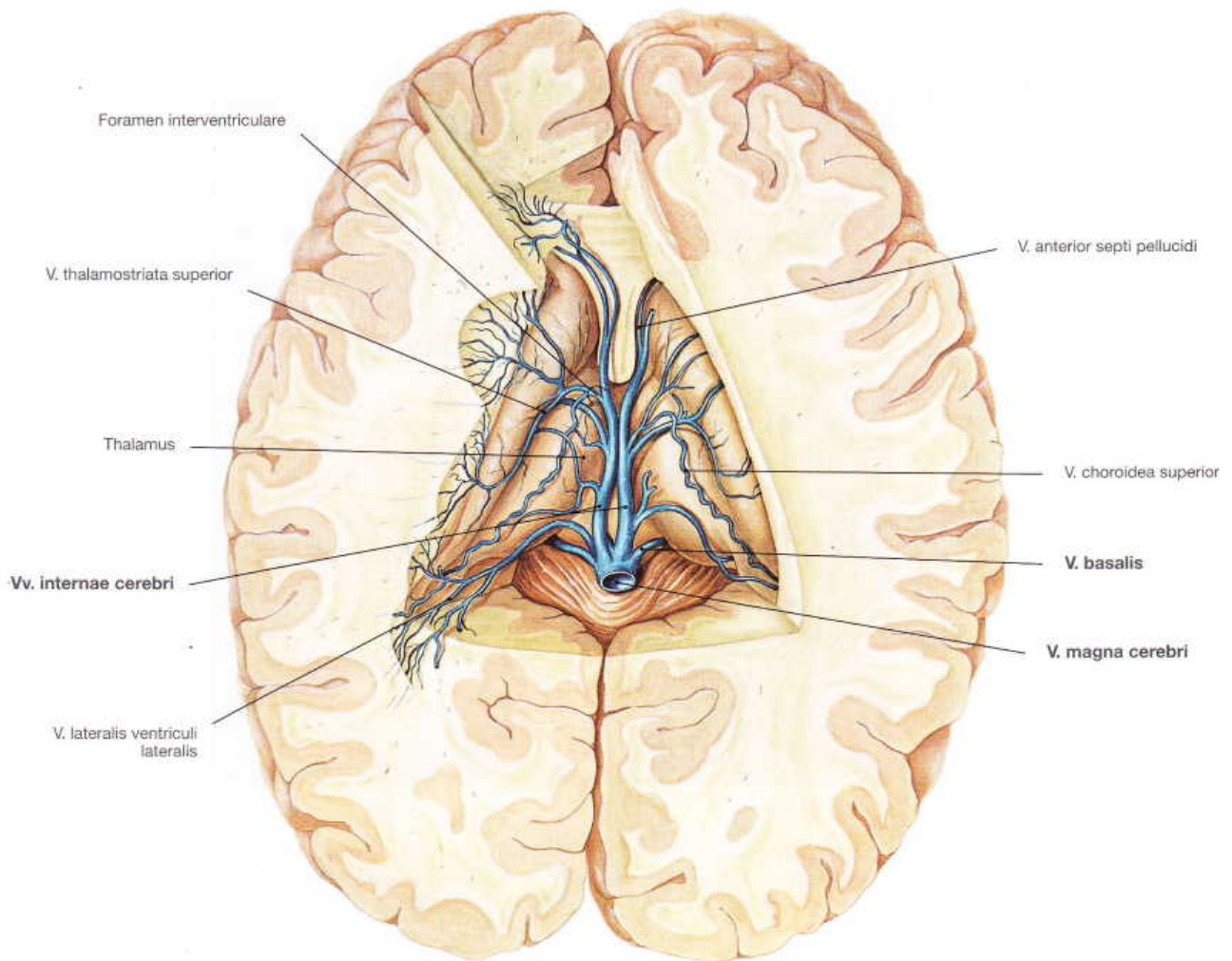
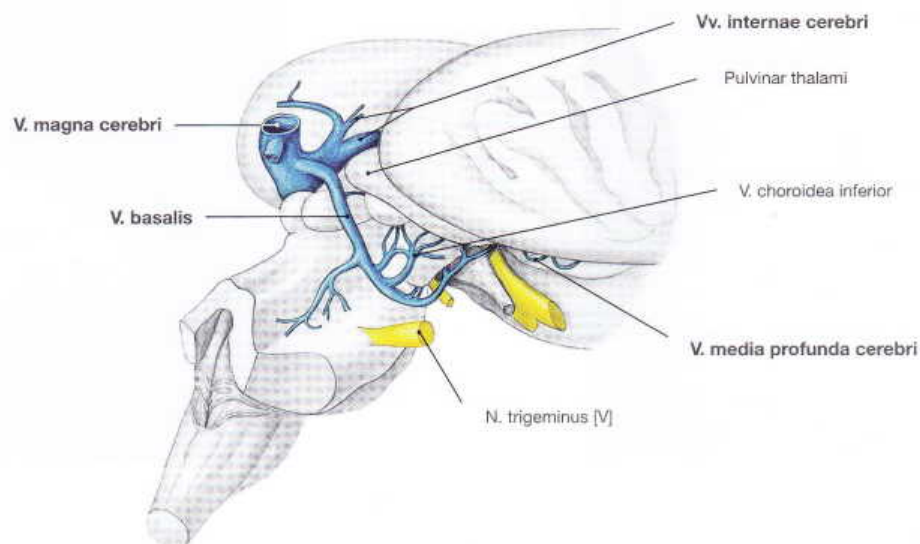
Gambar 12.100 Arteriae Hemispherium cerebri kiri; dilihat dari sisi kiri.
A. cerebri anterior mendarahi area Cortex cerebri frontalis et parietalis yang meluas sekitar 1 cm melewati tepi Hemispherium menuju kecembungan Cortex. **A. cerebri posterior** mendarahi Polus occipitalis dan tepi inferior Lobus temporalis. Sisa area korteks di luar menerima darah dari **A. cerebri media**. Area Gyri precentralis dan postcentralis menerima darah dari A. cerebri anterior dan A. cerebri media.

Gambar 12.101 Arteriae di regio Gyrus precentralis dan percabangannya terkait homonculus di Cortex motorik primer.
A. cerebri anterior mendarahi Cortex gyrus precentralis sampai sekitar 1 cm melewati tepi Hemispherium ke kecembungan korteks. Arteri ini mendarahi area korteks presentral yang mewakili ekstremitas bawah, Pelvis, dan Thorax seperti digambarkan oleh homonculus. **A. cerebri media** mendarahi area korteks yang mewakili ekstremitas atas dan seluruh kepala.

Catatan Klinis

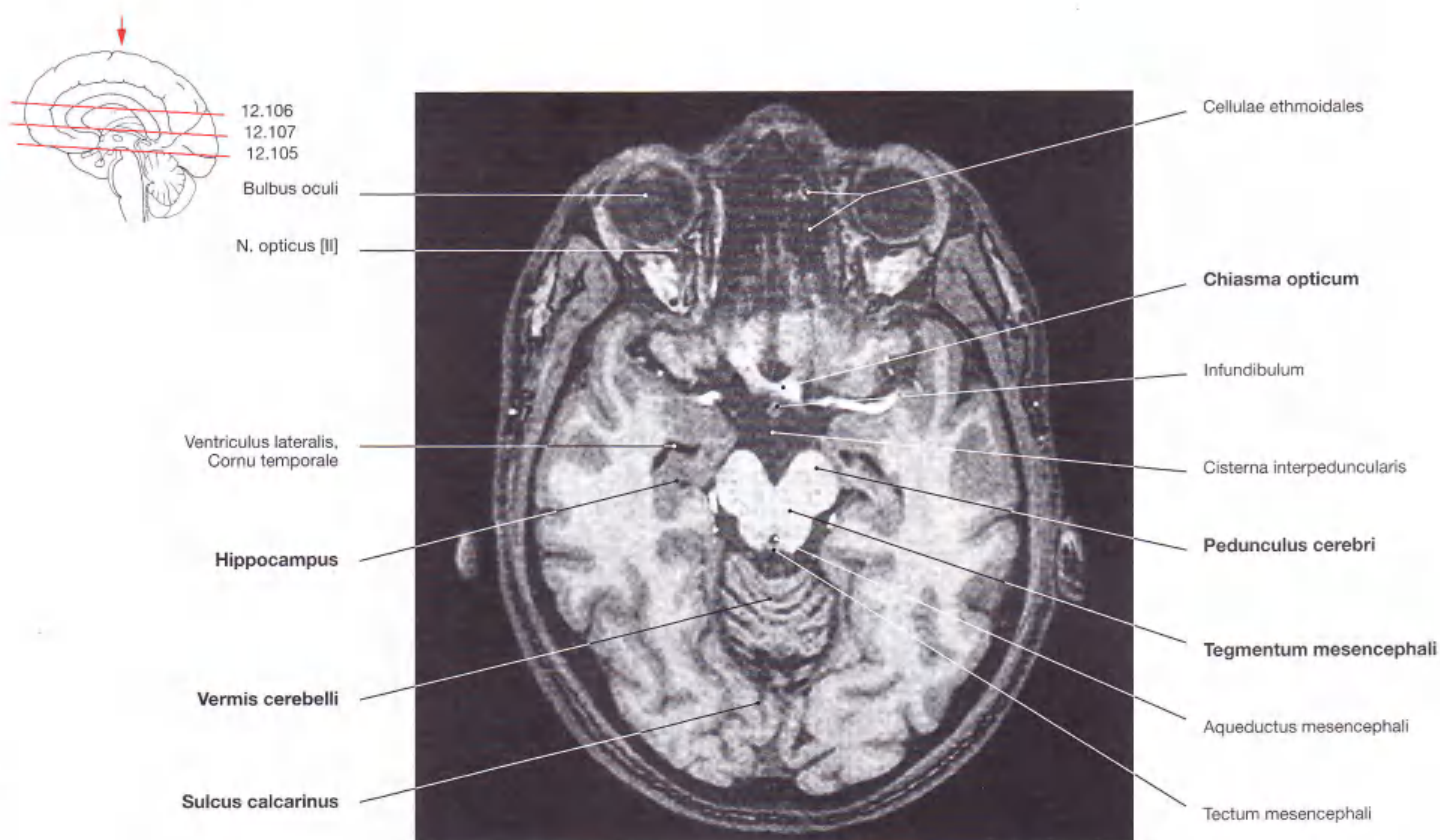
Karena pendarahan ke area korteks tertentu di Gyrus precentralis, sumbatan A. cerebri anterior menyebabkan **paralisis terutama di ekstremitas bawah**; gangguan perfusi oleh A. cerebri media menyebabkan **terutama paralisis brachiofacial**. Gejala yang dirasakan pasien ini (paralisis ekstremitas bawah atau brachiofacial) dapat menunjukkan pembuluh darah serebral yang terganggu.

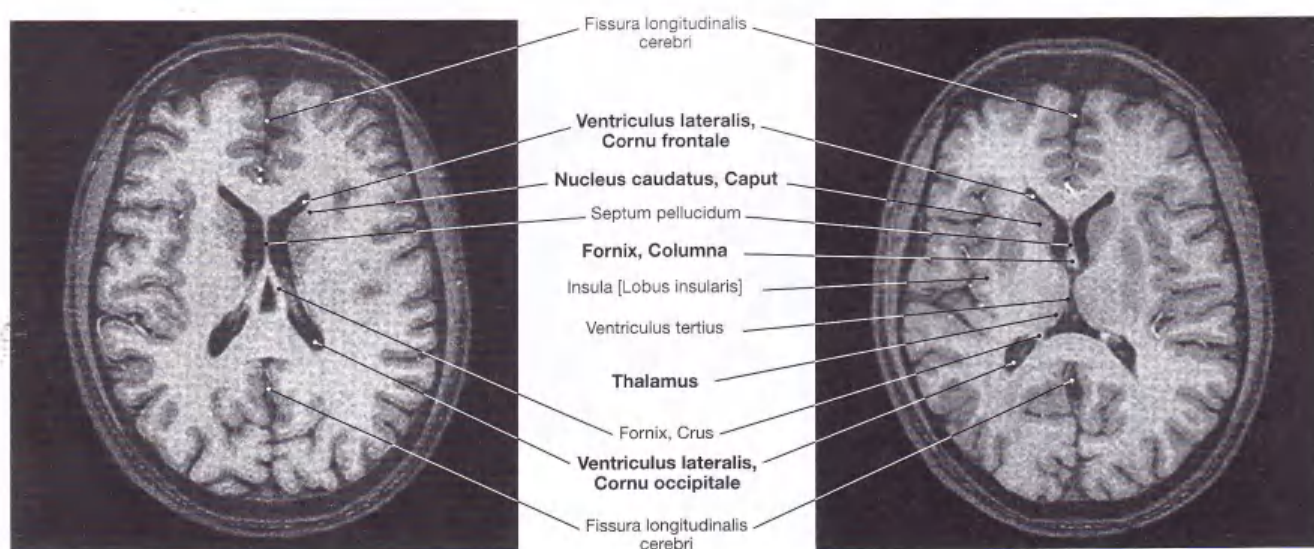
Arteri dan Vena Encephalon

Gambar 12.102 Aa. dan Vv. cerebri; dilihat dari superior.
Setelah bagian parietal Encephalon diangkat, perjalanan Aa. cerebri anterior, media et posterior menjadi terlihat **di sisi kiri Truncus** corpus callosum. A. choroidea anterior berasal dari A. cerebri media dan mendarahi Plexus choroideus milik Ventriculus lateralis. A. choroidea anterior terus berlanjut sebagai R. choroideus posterior yang memanjang hingga mencapai ujung Plexus choroideus di Cornu frontale di dalam Ventriculus lateralis.

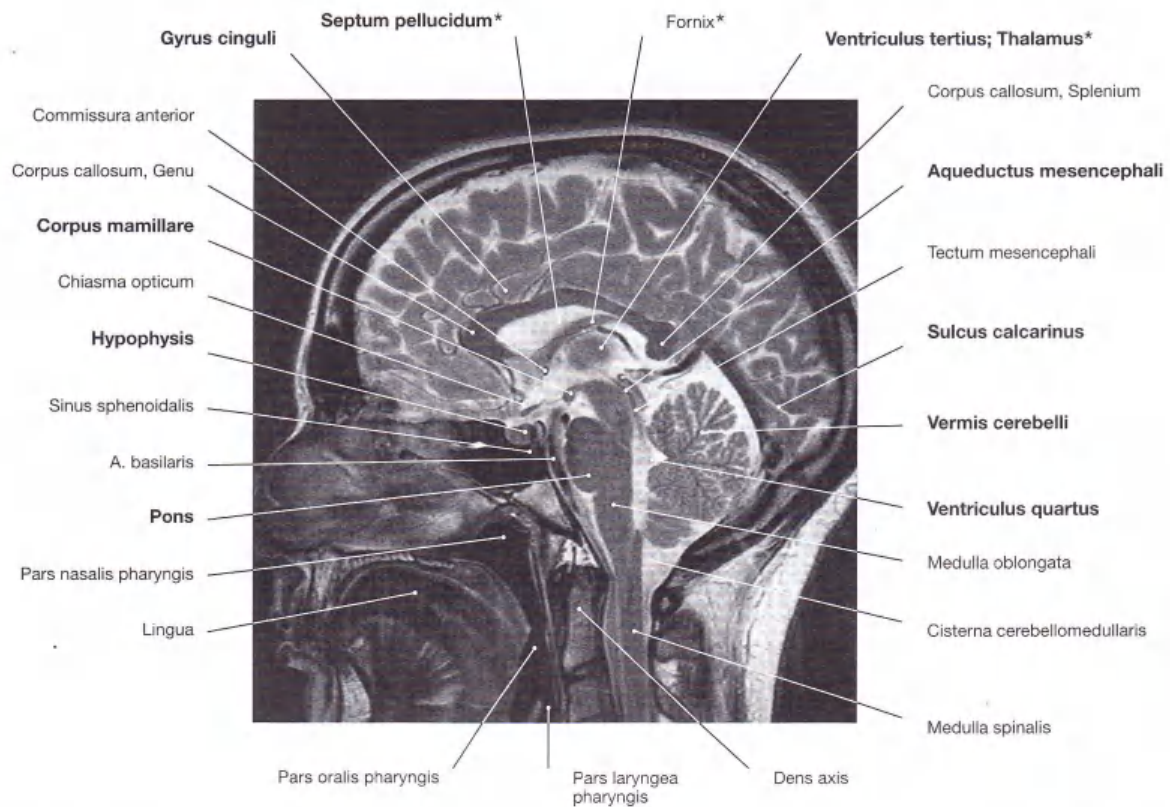
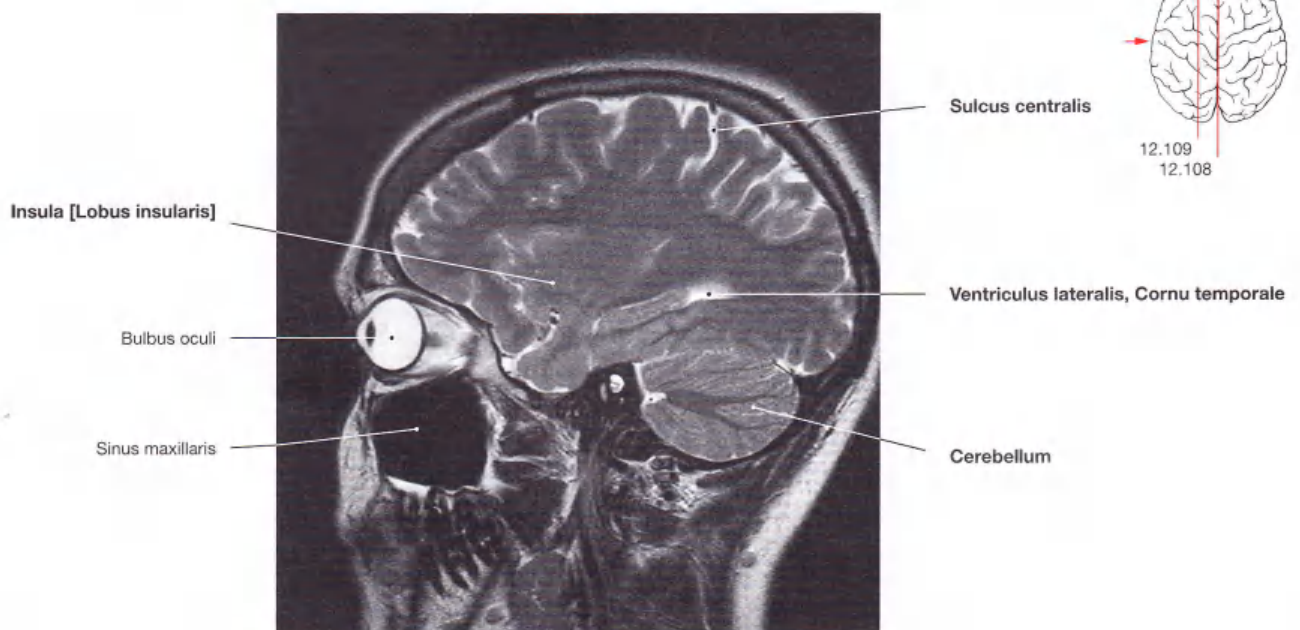
Di **sisi kiri Truncus corpus** callosum, tepatnya di lantai Cornu frontale milik Ventriculus lateralis, terletak V. anterior septi pellucidi dan, lebih jauh lagi, V. thalamostriata superior. Keduanya mengalirkan darah ke dalam V. interna cerebri yang mengalir ke dalam V. magna cerebri (vena GALEN). Kelompok vena ini mengalirkan darah vena dari sistem ventrikular, Ganglia basalis, dan Capsula interna.

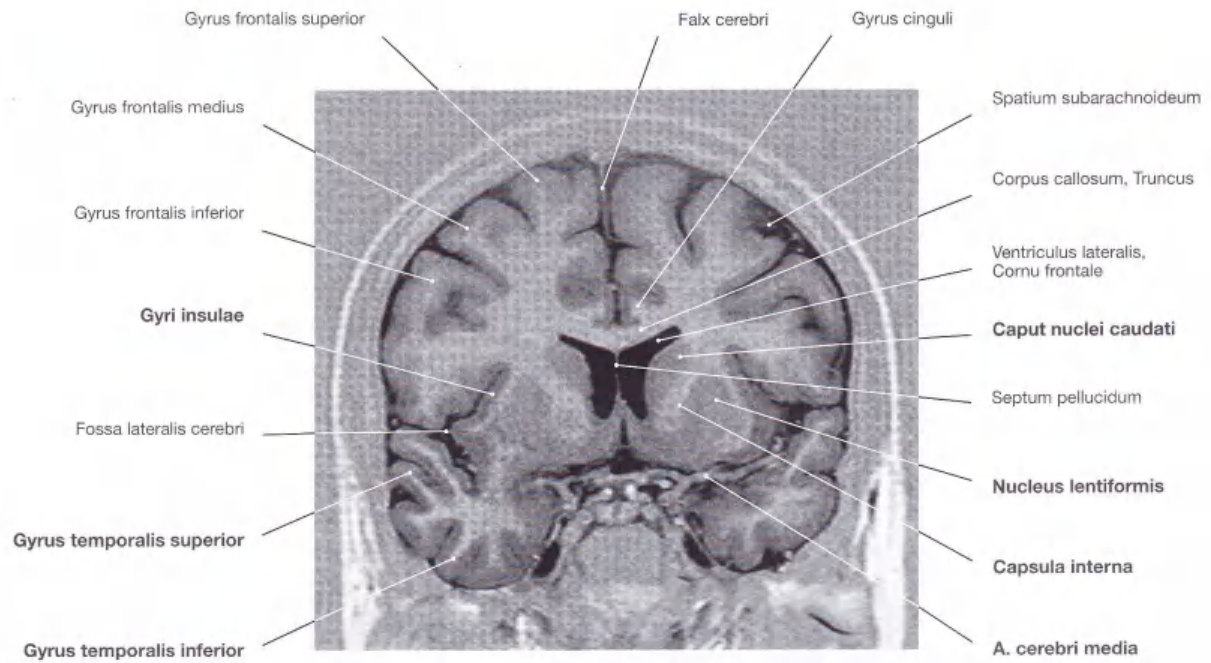
Foramen interventriculare
V. thalamostriata superior
Thalamus
Vv. internae cerebri
V. lateralis ventriculi lateralis
V. anterior septi pellucidi
V. choroidea superior
V. basalis
V. magna cerebri

Gambar 12.103 Vv. profundae cerebri; dilihat dari superior.
Vv. internae cerebri berjalan di dalam Tela choroidea ventriculi tertii. Vena-vena di dalam sistem ventrikular, Ganglia basalis, dan Capsula intena termasuk dalam Vv. profundae cerebri. Darah dari struktur-struktur tersebut dialirkan melalui Vv. thalamostriatae superiores ke dalam Vv. cerebri internae dan dari sini ke dalam V. magna cerebri (vena GALEN).

Gambar 12.104 Vv. profundae cerebri; dilihat dari posterior, sisi kanan.
Setelah Cerebellum diangkat, vena-vena basalis yang mengalirkan darah dari Rhombencephalon, Mesencephalon dan Insula menjadi terlihat. Seperti Vv. internae cerebri, pembuluh darah vena di daerah ini, sepasang V. media profunda cerebri dan V. basalis (vena ROSENTHAL), mengalir ke dalam V. magna cerebri (vena GALEN).

Encephalon, MRI

12.106
12.107
12.105
Bulbus oculi
N. opticus [II]
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
Hippocampus
Vermis cerebelli
Sulcus calcarinus
Cellulae ethmoidales
Chiasma opticum
Infundibulum
Cisterna interpeduncularis
Pedunculus cerebri
Tegmentum mesencephali
Aqueductus mesencephali
Tectum mesencephali

Gambar 12.105 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan horizontal di tingkat Mesencephalon dan Cornu temporale ventriculi lateralis; dilihat dari superior.

Terlihat Chiasma opticum dan Pedunculi cerebri Mesencephalon. Selain itu, Vermis cerebelli tampak di bidang potongan ini. Sulcus calcarinus bisa terlihat berada di Lobus occipitalis.

Gambar 12.106 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan horizontal di tingkat Pars centralis ventriculi lateralis; dilihat dari superior.
Terlihat di gambar ini adalah Cornua frontale et occipitale, Septum pellucidum, dan Crus milik Fornix. Gambar sebelah kiri juga memperlihatkan Lobus insularis.

Gambar 12.107 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan horizontal di tingkat Ventriculus tertius dan Cornu temporale ventriculi tertius; dilihat dari superior.
Selain Lobuli insulares dan struktur yang ditunjukkan di dalam → Gambar 12.106, Thalamus dan Fornix bagian Columna juga terlihat.

Gambar 12.108 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan median.
Scan MRI dengan jelas memperlihatkan semua struktur otak, contohnya Gyrus cinguli, Septum pellucidum, Ventriculus tertius, Thalamus, Aqueductus mesencephali, Corpus mamillare, Hypothalamus, Hypophysis, Mesencephalon, Pons, Cerebellum, dan Medulla oblongata.
Struktur yang ditandai dengan bintang (*) tampak agak tidak seperti yang sebenarnya karena adanya "efek volume parsial".

Gambar 12.109 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan sagital setingkat Mesencephalon dan Cornu temporale ventriculi lateralis; dilihat dari sisi kiri. Potongan sagital ini mencakup Cerebellum dan Sulcus centralis. Sebagian kecil Cornu temporale ventriculi lateralis juga terletak di dalam bidang potongan ini.

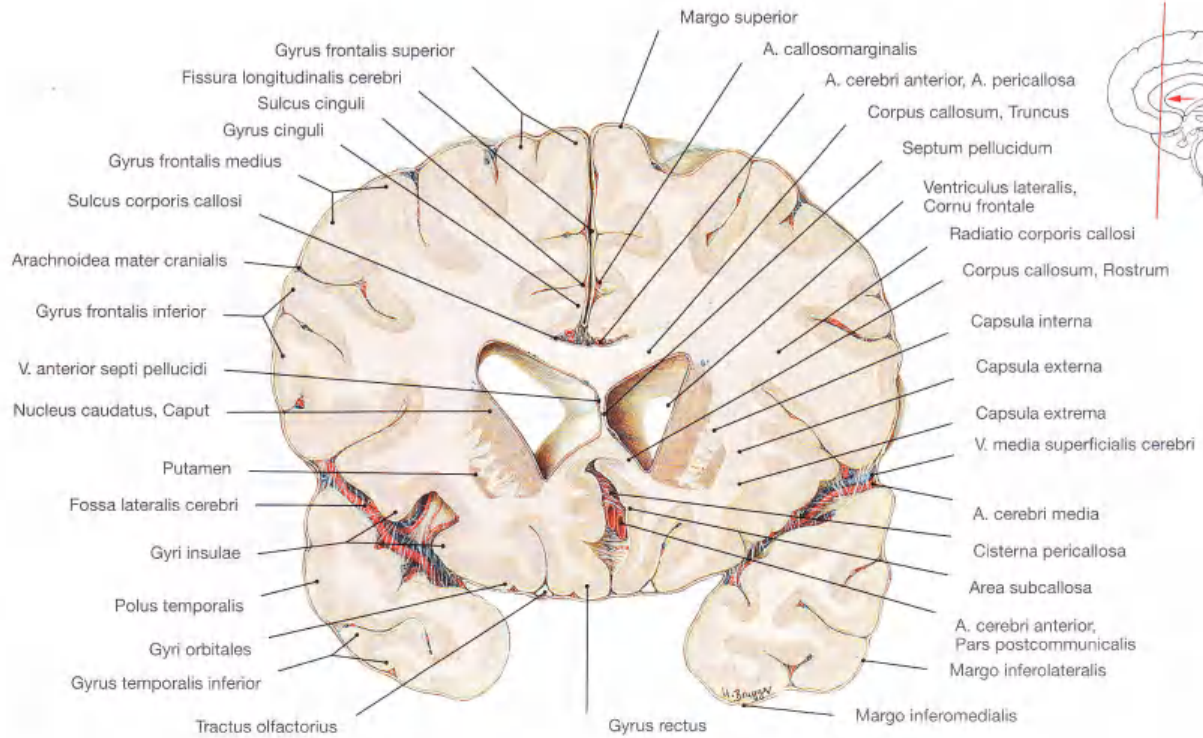
Encephalon, MRI

Gambar 12.110 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan frontal di tingkat bagian anterior Ventriculus tertius; dilihat dari anterior.

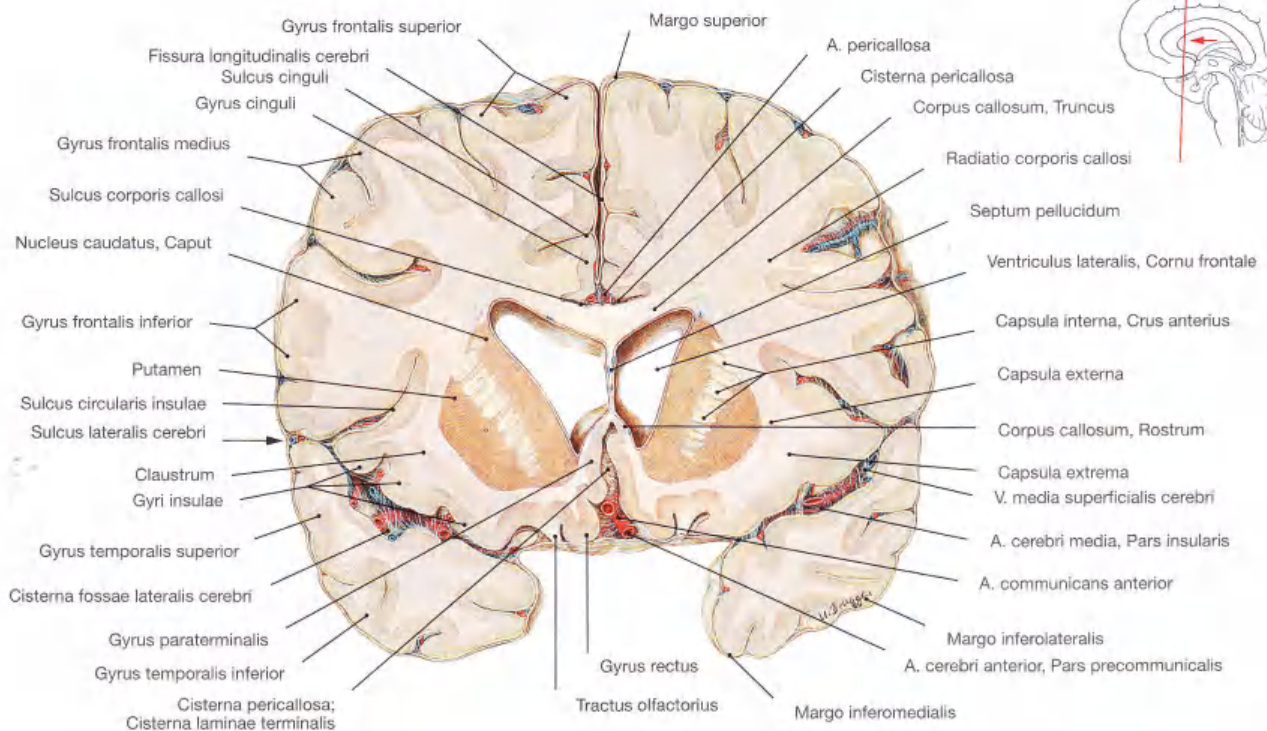
Di sisi kanan, terlihat perjalanan A. cerebri media menuju Sulcus lateralis. Di kedua sisi, terlihat Gyri bagian Lobi frontalis et temporales yang besar. Di antara Ganglia basalis, teknik pencitraan ini memungkinkan kita membedakan dengan jelas Nucleus caudarus, Capsula interna, dan Nucleus lentiformis.

12.110
12.111

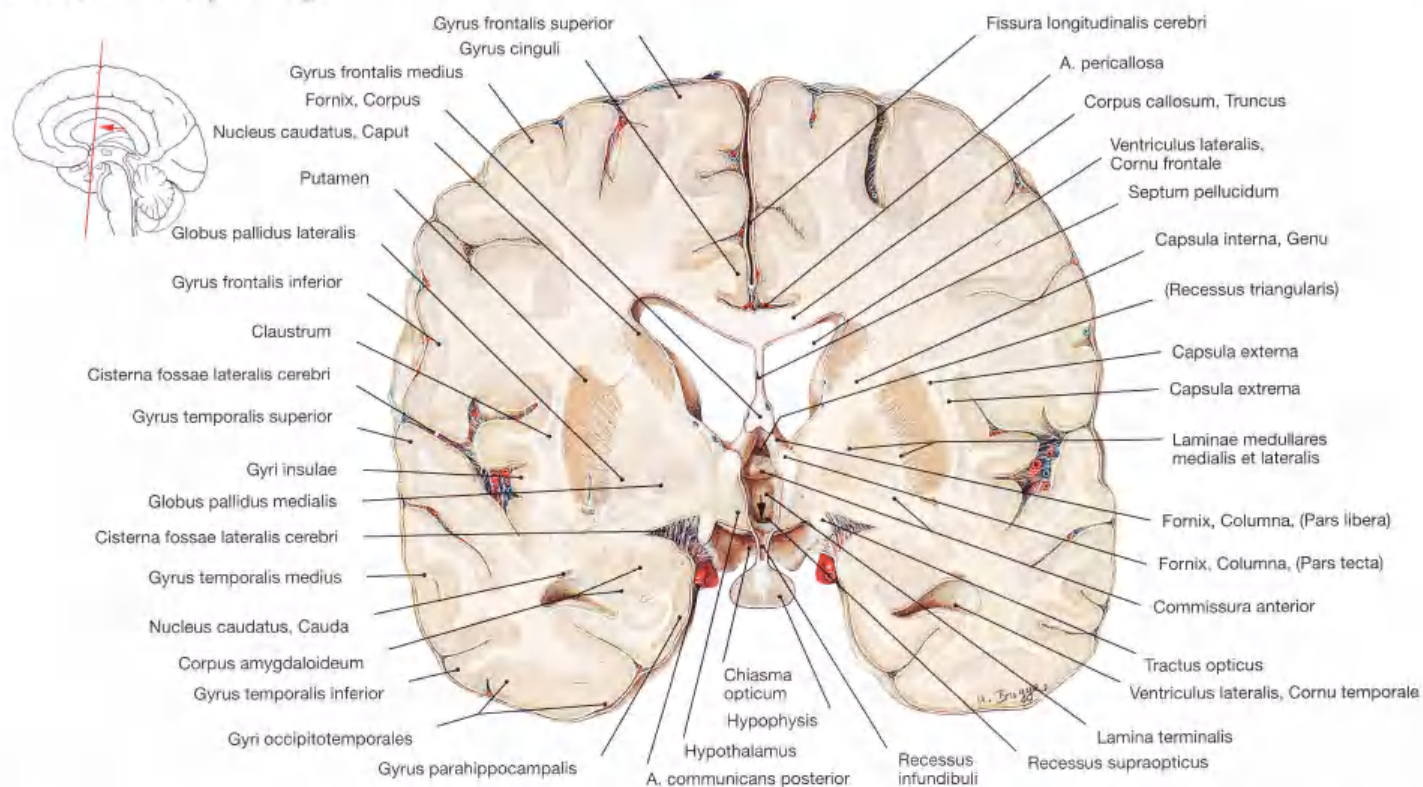
Gyrus frontalis superior
Falx cerebri
Corpus callosum, Truncus
Gyrus frontalis medius
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Corpus nuclei caudati
Gyrus frontalis inferior
Fornix
Thalamus
Fossa lateralis cerebri
Ventriculus tertius
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
Gyrus temporalis superior
Hippocampus
Gyrus temporalis inferior
Pedunculus cerebri
Gyrus parahippocampalis
Pons
Fossa interpeduncularis

Gambar 12.111 Encephalon; *magnetic resonance tomographic image* (MRI); potongan frontal di tingkat Thalamus; dilihat dari anterior.

Gambar ini memperlihatkan Cornu temporale milik Ventriculi laterales dan Hippocampus. Lebih lanjut ke arah kranial, terlihat Pars centralis ventriculi lateralis. Di garis tengah mulai dari kranial hingga ke kaudal, dapat terlihat Truncus corporis callosi, Fornix, Ventriculus tertius, Fossa interpeduncularis pada Truncus encephali, dan Pons.

Gambar 12.112 Encephalon; potongan frontal setingkat bagian anterior Cornu frontale ventriculi lateralis; dilihat dari posterior.

Terlihat dalam gambar ini Ventriculi laterales; di atasnya terdapat Corpus callosum, dan di lateralnya terdapat Nucleus caudatus dan Putamen.

Gambar 12.113 Encephalon; potongan frontal setingkat bagian posterior Cornu frontale ventriculi lateralis; dilihat dari posterior.

Di atas Ventriculi laterales, dapat terlihat Truncus corpus callosum; di lateral Ventriculi laterales terletak Caput nucleus caudatus dan Putamen, dan di antaranya terlihat Capsula interna bagian Crus anterius.

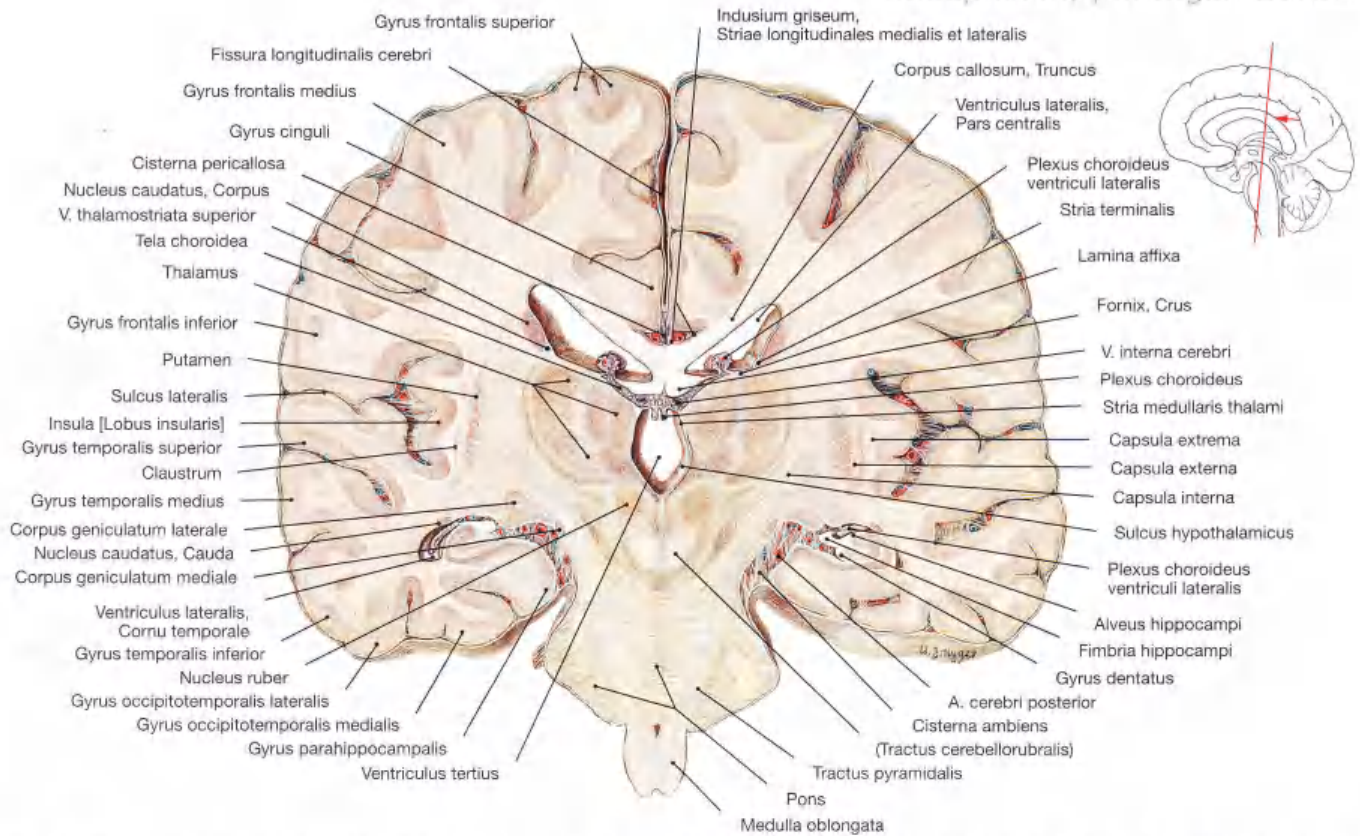
Encephalon, potongan frontal

Gambar 12.114 Encephalon; potongan frontal di tingkat Foramina interventricularia; dilihat dari posterior.

Hypophysis dipotong tepat di tengahnya. Di sisi inferior Ventriculi laterales, terlihat Caput Nucleus caudatus, Capsula interna, Globus pallidus, Putamen, Claustrum, dan beberapa Gyri insulae.

Gyrus frontalis superior
Fissura longitudinalis cerebri
Gyrus cinguli
Gyrus frontalis medius
Fornix, Corpus
Nucleus caudatus, Corpus
Stria terminalis
Putamen
Gyrus frontalis inferior
Gyri insulae
Claustrum
Gyrus temporalis superior
Globus pallidus lateralis
Globus pallidus medialis
Gyrus temporalis medius
Nucleus caudatus, Cauda
Corpus amygdaloideum
Gyrus temporalis inferior
Hippocampus
Gyrus occipitotemporalis lateralis
Thalamus
Gyrus occipitotemporalis medialis
Gyrus parahippocampalis
Hypothalamus
A. basilaris
Cisterna pontocerebellaris, (Cisterna pontis)
Pons
Cisterna interpeduncularis
N. oculomotorius [III]
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
A. cerebri posterior, Pars precommunicalis
Corpus mamillare
Tractus opticus
Capsula interna
Laminae medullares medialis et lateralis
Capsula externa
Ventriculus tertius
Capsula extrema
Stria medullaris thalami
Plexus choroideus ventriculi tertii
Tela choroidea ventriculi tertii
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Septum pellucidum
Corpus callosum, Truncus
A. pericallosa

Gambar 12.115 Encephalon; potongan frontal di tingkat Corpora mamillaria; dilihat dari posterior.

Di tingkat Corpora mamillaria, lumen Ventriculus tertius terletak di bawah Ventriculi laterales. Di sisi lateral Ventriculus tertius, dari dalam ke luar, terletak Thalamus, Capsula interna, Globus pallidus, Putamen, Capsula externa, Claustrum, Capsula externa dan Gyri insulae.

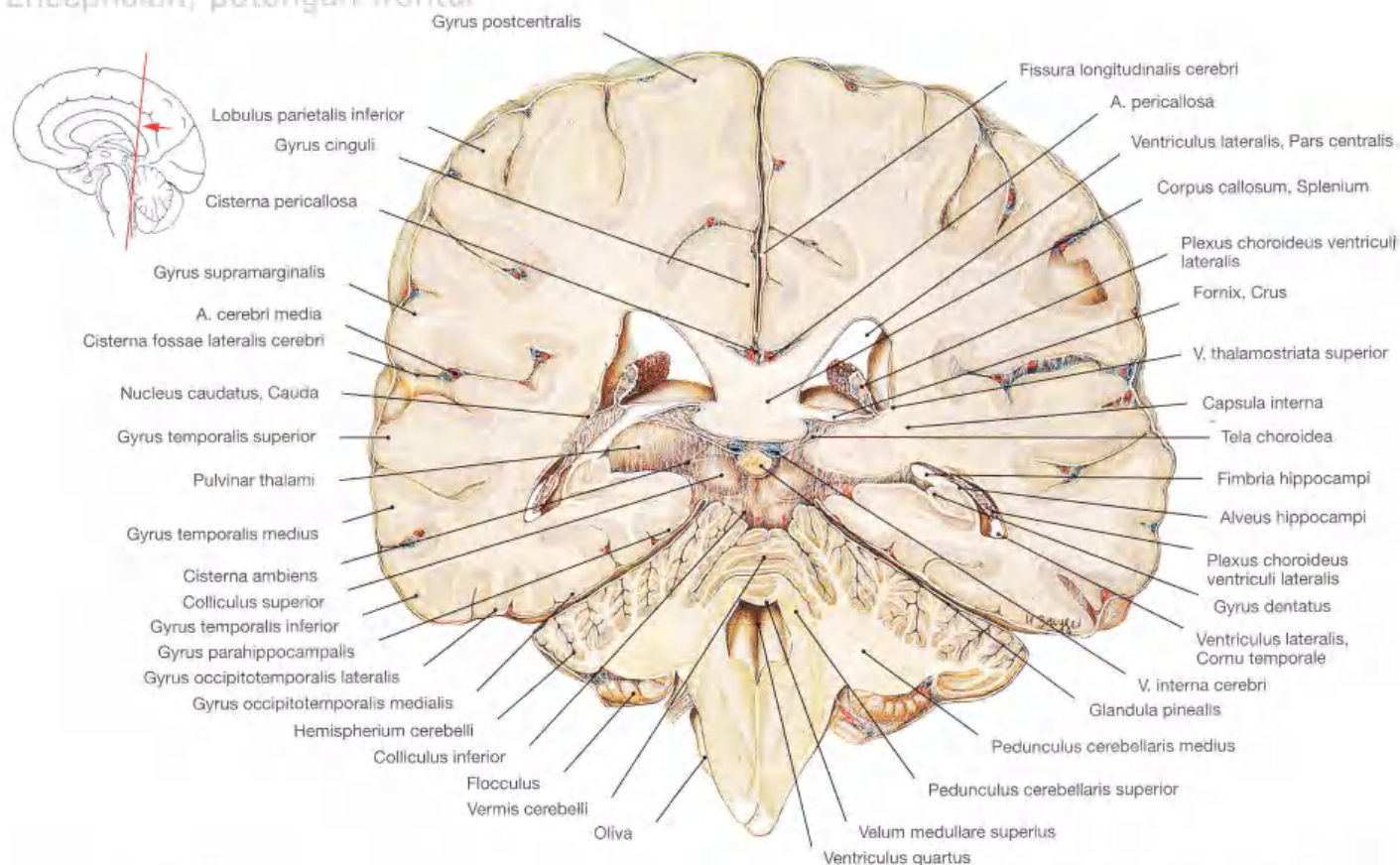
Encephalon, potongan frontal

Gambar 12.116 Encephalon; potongan frontal di tingkat Pars centralis ventriculi tertius; dilihat dari posterior.

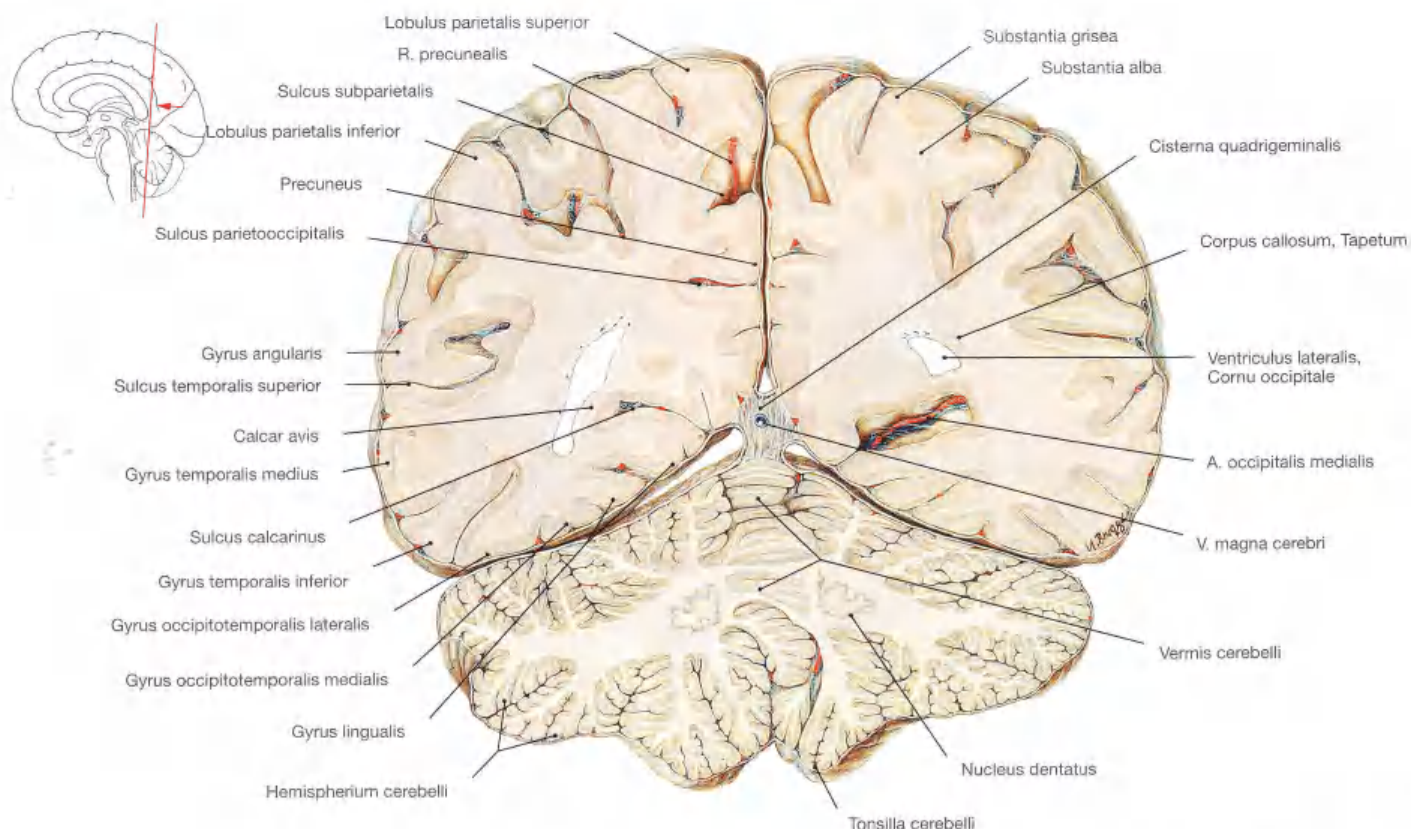
Di tingkat ini, Thalamus kanan dan kiri sering kali terhubung satu sama lain oleh Adhesio interthalamica. Di sisi inferior Thalamus, terlihat Nucleus ruber. Pons dan Tractus pyramidalis tampak jelas di Truncus encephali.

Gyrus precentralis
Gyrus cinguli
Cisterna pericallosa
Gyrus postcentralis
V. thalamostriata superior
Gyrus postcentralis
Nucleus caudatus, Corpus
Cisterna fossae lateralis cerebri
Thalamus
Gyrus temporalis superior
Putamen
Gyrus temporalis medius
Nucleus caudatus, Cauda
Gyrus temporalis inferior
Gyrus occipitotemporalis lateralis
Gyrus occipitotemporalis medialis
Gyrus parahippocampalis
Cerebellum
Oliva
Indusium griseum,
Striae longitudinales medialis et lateralis
Corpus callosum, Truncus
Ventriculus lateralis,
Pars centralis
Plexus choroideus
ventriculi lateralis
Fornix, Crus
Stria terminalis
Lamina affixa
Tela choroidea ventriculi tertii
Plexus choroideus ventriculi tertii
Capsula interna
Capsula extrema
Tegmentum mesencephali
Plexus choroideus
ventriculi lateralis
Alveus hippocampi
Fimbria hippocampi
Ventriculus lateralis,
Cornu temporale
Cisterna ambiens
A. cerebri posterior
Ventriculus tertius
Pedunculus cerebellaris medius
Aqueductus mesencephali
Funiculus posterior

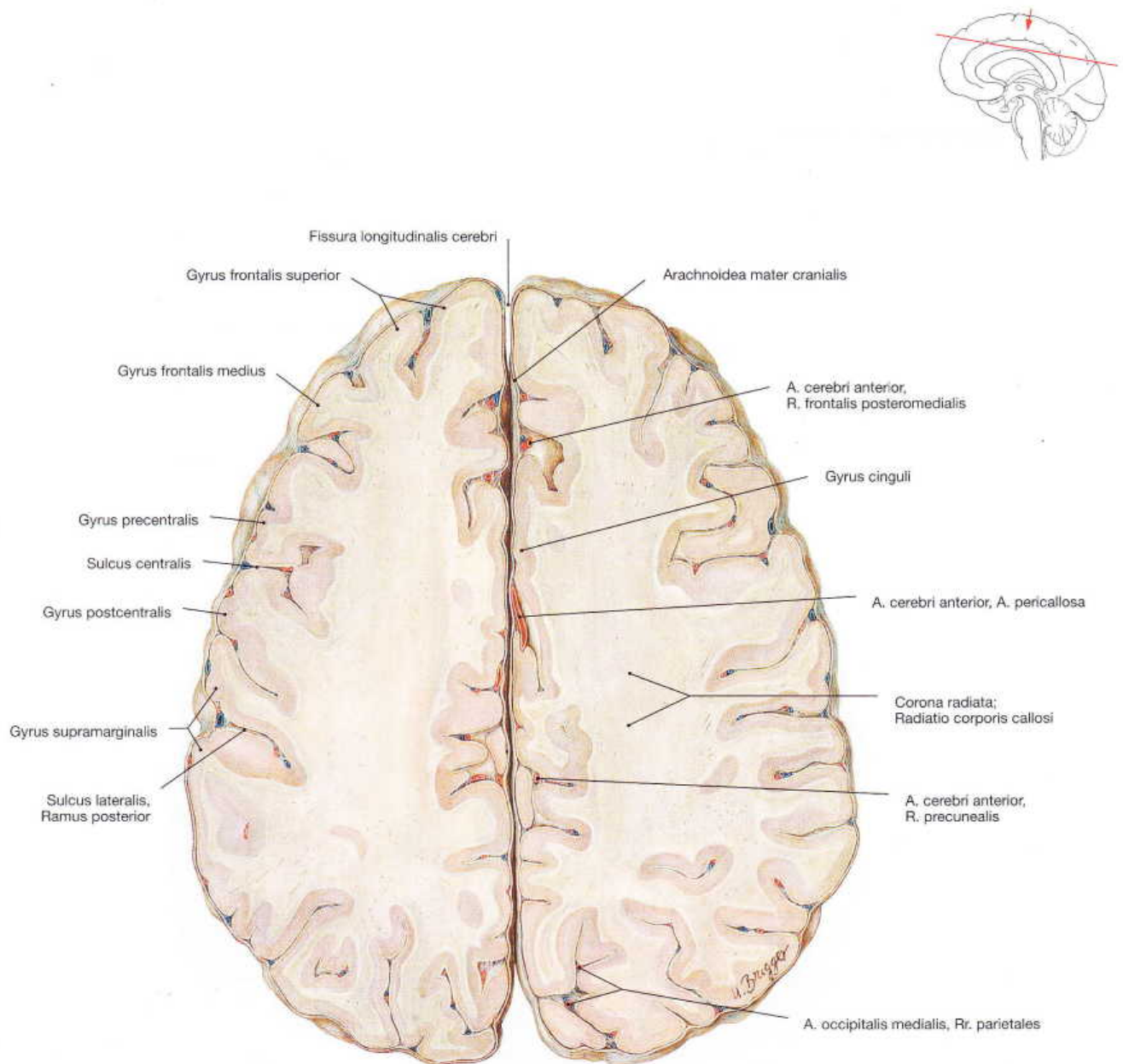
Gambar 12.117 Encephalon; potongan frontal di tingkat dinding posterior Ventriculus tertius; dilihat dari posterior.

Di sisi inferior Ventriculi laterales, terlihat sejumlah Nucleus thalamicus dan, lebih ke kaudal, terlihat bagian occipital Hippocampus. Truncus encephali telah dipotong di tingkat Aqueductus mesencephali.

Encephalon, potongan frontal

Gambar 12.118 Encephalon; potongan frontal di tingkat Glandula pinealis dan Ventriculus quartus; dlihat dari posterior.

Splenium pada Corpus callosum dan Glandula pinealis terlihat di bagian tengah gambar. Di lateralnya, terlihat Colliculi superiores dan Pulvinar thalami. Pedunculi cerebellares superiores terlihat di lateral Truncus encephali sedikit di atas Ventriculus quartus.

Gambar 12.119 Encephalon; potongan frontal di tingkat Cornu occipitale ventriculi laterales; dilihat dari posterior.

Nucleus dentatus dan sebagian besar Vermis cerebelli terlihat di Cerebellum.

Encephalon, potongan horizontal

Gambar 12.120 Encephalon; potongan horizontal tepat di atas Corpus callosum; dilihat dari superior.

Encephalon telah dipotong tepat di atas Corpus callosum. Di tingkat ini, belum terlihat Nuclei. Di dalam pita besar Substantia alba, Fibrae yang terproyeksi dari Thalamus ke Cortex (Corona radiata) bercampur dengan Fibrae commissurales milik Corpus callosum yang menghubungkan kedua Hemispherium (Radiatio corporis callosi). Selain itu, Fibrae yang menyatu di Capsula interna turut menyusun Substantia alba (→ Gambar 12.74 hingga 12.76). Atrofi otak terkait penuaan membuat Spatium subarachnoideum tampak lebih lebar (→ Gambar 12.121 hingga 12.130).

Encephalon, potongan horizontal

Fissura longitudinalis cerebri
Gyrus frontalis superior
A. cerebri anterior, A. callosomarginalis
A. pericallosa
Sulcus cinguli
Corpus callosum, Truncus
Gyrus cinguli
Corpus callosum, Forceps minor
Nucleus caudatus, Caput
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Septum pellucidum, Cavum septi pellucidi
Gyrus precentralis
Capsula interna
Sulcus centralis
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Gyrus postcentralis
V. thalamostriata superior
Stria terminalis
Lobulus parietalis inferior
Corpus callosum,Truncus
Lamina affixa
Nucleus caudatus, Corpus
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Gyrus angularis
Fornix, Crus
Corpus callosum, Forceps major
Gyrus cinguli
Corpus callosum, Tapetum
(Gyri occipitales)
Sulcus subparietalis
Precuneus
Fissura longitudinalis cerebri
Cuneus
Sulcus parietooccipitalis

Gambar 12.121 Encephalon; potongan horizontal di tingkat Pars centralis ventriculi laterales; dilihat dari superior.
Septum pellucidum terbentang di antara Truncus dan Fornix (tidak terlihat) Corpus callosum dan memisahkan Ventriculi laterales. Di lateral Ventriculi laterales, Caput dan Corpus milik Nucleus caudatus dipotong. Capsula interna terletak di lateral Nucleus caudatus.

Encephalon, potongan horizontal

Fissura longitudinalis cerebri
Gyrus cinguli
Gyrus frontalis medius
Cisterna pericallosa
Gyrus frontalis inferior
Nucleus caudatus, Caput
Fornix, Columna
Gyrus precentralis
Sulcus centralis
Gyrus postcentralis
Insula [Lobus insularis]
Claustrum
Putamen
Thalamus
Cisterna fossae lateralis cerebri
Gyrus temporalis superior
Nucleus caudatus, Cauda
Corpus callosum, Splenium
Sulcus temporalis superior
(Gyri occipitales)
Sulcus lunatus
Fissura longitudinalis cerebri
Aa. cerebri anteriores, Aa. pericallosae
Indusium griseum
Corpus callosum, Genu
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Septum pellucidum
Ventriculus lateralis, Pars centralis
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Stria terminalis
V. thalamostriata superior
Fornix, Corpus
Capsula extrema
Capsula externa
Capsula interna
A. cerebri media, Rr. terminales
Tela choroidea
Fissura transversa cerebri
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Fornix, Crus
Ventriculus lateralis, Bulbus cornus occipitalis
Corpus callosum, Tapetum
Gyrus cinguli
Sulcus subparietalis
Precuneus
Sulcus parietooccipitalis
Cuneus

Gambar 12.122 Encephalon; potongan horizontal setingkat lantai Pars centralis ventriculi laterales; dilihat dari superior.
Potongan di tengah ini memperlihatkan bagian-bagian Thalamus di lateral Ventriculi laterales. Di anterior dan posterior Thalamus, masing-masing terlihat Caput dan Cauda nucleus caudatus. Di lateral Thalamus, terlihat Capsula interna, Capsula externa, Claustrum, Capsula extrema dan Gyri insulae yang tersusun dari medial ke lateral. Genu milik Corpus callosum terletak di anterior garis tengah dan Splenium milik Corpus callosum terletak di posterior garis tengah.

Encephalon, potongan horizontal

Fissura longitudinalis cerebri
Polus frontalis
A. cerebri anterior, A. pericallosa
Gyrus cinguli
Indusium griseum
Gyrus frontalis inferior
Corpus callosum, Genu
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
V. anterior septi pellucidi
Septum pellucidum
Fornix, Columna
Nucleus caudatus, Caput
Capsula interna, Crus anterius
Plexus choroideus ventriculi lateralis
V. thalamostriata superior
Gyrus frontalis inferior
Capsula interna, Genu
Insula [Lobus insularis]
Capsula extrema
Cisterna fossae lateralis cerebri
Foramen interventriculare
Capsula externa
Claustrum
Capsula interna, Crus posterius
Putamen
Gyrus temporalis superior
Ventriculus tertius
Thalamus
Recessus suprapinealis
Tela choroidea ventriculi tertii
V. interna cerebri
Capsula interna, Radiatio optica
Nucleus caudatus, Cauda
Fimbria hippocampi
Sulcus temporalis superior
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Fornix, Commissura
Gyrus temporalis medius
Ventriculus lateralis, Cornu occipitale
Gyrus cinguli
Corpus callosum, Forceps major
(Gyri occipitales)
Calcar avis
Corpus callosum, Splenium
Sulcus lunatus
Sulcus calcarinus
Polus occipitalis
Cuneus
Fissura longitudinalis cerebri

Gambar 12.123 Encephalon; potongan horizontal setingkat bagian atas Ventriculus tertius; dilihat dari superior.
Di bagian tengah gambar ini, terlihat Ventriculus tertius, disertai bagian-bagian Ventriculi laterales serta Genu dan Splenium milik Corpus callosum yang berada di anterior dan posterior Ventriculus tertius. Caput dan cauda nucleus caudatus, Thalamus, Putamen dan Claustrum merupakan Nuclei cerebri. Capsula interna disertai genunya yang khas berjalan di antara Nuclei yang besar. Selain itu, terlihat Radiatio optica pada Capsula interna.

Encephalon, potongan horizontal

Fissura longitudinalis cerebri
Polus frontalis
A. cerebri anterior, A. callosomarginalis
Gyrus cinguli
A. cerebri anterior, A. pericallosa
Cisterna pericallosa
Corpus callosum, Forceps minor
Gyrus frontalis inferior
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Fissura longitudinalis cerebri
Nucleus caudatus, Caput
Corpus callosum, Rostrum
Cisterna pericallosa
Capsula interna, Crus anterius
Area subcallosa
Cisterna fossae lateralis cerebri
Lamina terminalis
Commissura anterior
Fornix, Columna
Insula [Lobus insularis]
Capsula interna, Genu
Claustrum
Laminae medullares medialis et lateralis
Gyrus temporalis superior
Ventriculus tertius
Adhesio interthalamica
Putamen
Capsula extrema
Capsula externa
Sulcus temporalis superior
Capsula interna, Crus posterius
Globi pallidi medialis et lateralis
Thalamus
Hypothalamus
Gyrus temporalis medius
Commissura posterior
Cisterna ambiens
Habenula
Capsula interna, Radiatio optica
Nucleus caudatus, Cauda
Fimbria hippocampi
Recessus pinealis
Alveus hippocampi
Glandula pinealis
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Gyrus parahippocampalis
Trigonum collaterale
Calcar avis
Ventriculus lateralis, Cornu occipitale
Isthmus gyri cinguli
Sulcus collateralis
A. cerebri posterior
Sulcus calcarinus
V. magna cerebri
Sulcus lunatus
Vermis cerebelli
Polus occipitalis
Fissura longitudinalis cerebri

Gambar 12.124 Encephalon; potongan horizontal melintasi bagian tengah Ventriculus tertius di tingkat Adhesio interthalamica; dilihat dari atas.

Potongan dibuat di tengah Glandula pinealis dan Adhesio interthalamica. Di lateralnya, terdapat Thalamus, Capsula interna, Globus pallidus, Putamen, Capsula externa, Claustrum, Capsula extrema, dan Lobus insularis. Fimbria hippocampi, Alveus hippocampi dan Gyrus parahippocampalis juga bisa terlihat.

Encephalon, potongan horizontal

Fissura longitudinalis cerebri
Gyrus cinguli
Aa. cerebri anteriores, Aa. pericallosae
Area subcallosa
Cisterna pericallosa
Gyrus paraterminalis
Gyrus frontalis inferior
Capsula interna, Crus anterius
Lamina terminalis
Nucleus caudatus, Caput
Commissura anterior
Cisterna fossae lateralis cerebri
Fornix, Columna
Putamen
Fasciculus mamillothalamicus
Gyrus temporalis superior
Claustrum
Sulcus hypothalamicus
Sulcus temporalis superior
Capsula interna, Crus posterius
Hypothalamus
Gyrus temporalis medius
Tegmentum mesencephali
Nucleus ruber
Capsula interna, Radiatio optica
Corpora geniculata laterale et mediale
Fimbria hippocampi
Nucleus caudatus, Cauda
Alveus hippocampi
Gyrus temporalis medius
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Hippocampus
Eminentia collateralis
Cisterna ambiens
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
Gyrus parahippocampalis
Gyrus dentatus
Sulcus collateralis
Sulcus hippocampalis
A. cerebri posterior
(Gyri occipitales)
Tectum mesencephali, Colliculus superior
Aqueductus mesencephali
Gyrus lingualis
Vermis cerebelli
Fissura longitudinalis cerebri

Gambar 12.125 Encephalon; potongan horizontal melewati Ventriculus tertius setingkat muara Aqueductus mesencephali; dilihat dari atas.

Karena berwarna merah, Nucleus ruber menjadi jelas terlihat di bidang potongan ini. Hubungan yang erat antara Nucleus caudatus dan Putamen juga menjadi jelas. Crus anterius pada Capsula interna berjalan di antara kedua struktur nuklear. Potongan ini terletak di transisi dari Ventriculus tertius menuju Aqueductus mesencephali; kedua struktur tersebut turut dipotong. Tepi atas Vermis cerebelli juga turut dipotong.

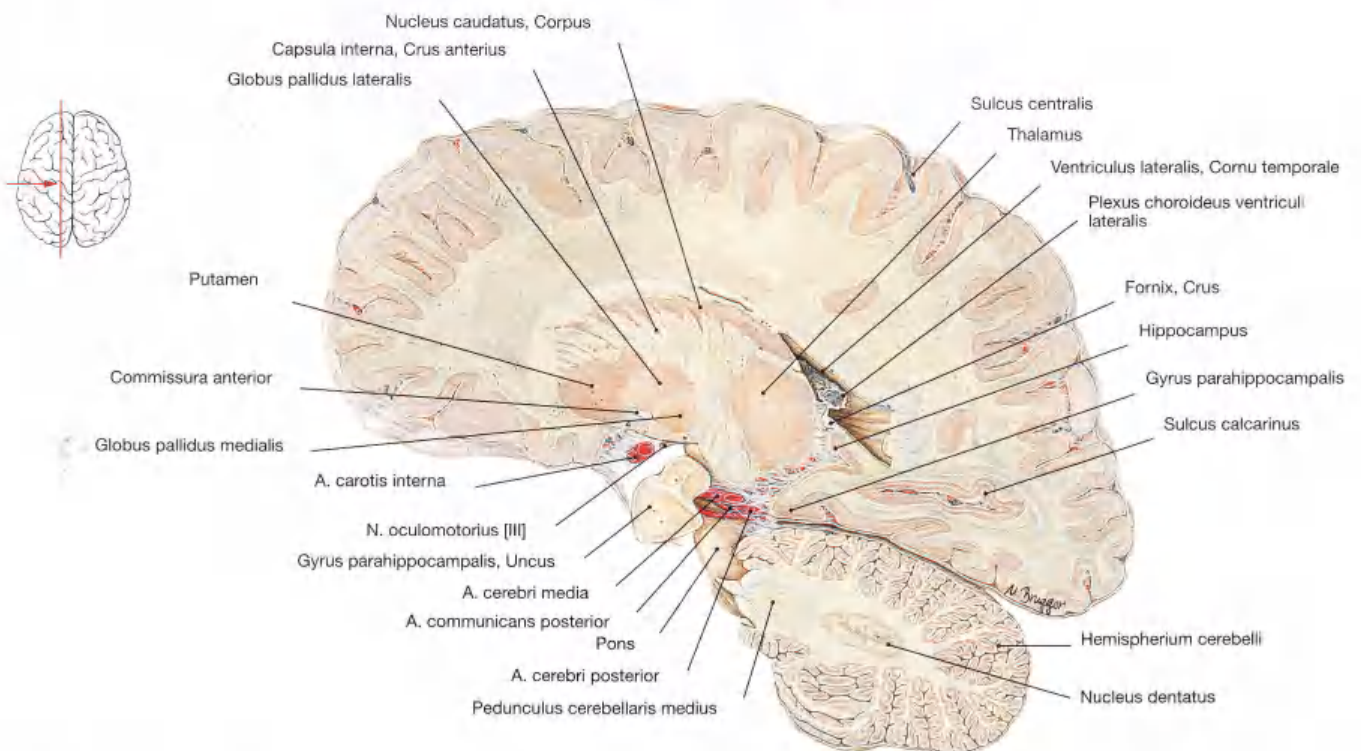
Encephalon, potongan horizontal

Gyrus rectus
Fissura longitudinalis cerebri
Gyri orbitales
Cisterna chiasmatica
A. cerebri anterior
A. communicans anterior
Lamina terminalis
A. cerebri anterior
Recessus supraopticus
Recessus infundibuli
Cisterna fossae lateralis cerebri
Ventriculus tertius
A. cerebri media
Gyrus parahippocampalis
Tractus opticus
Gyrus occipitotemporalis lateralis
Corpus mamillare
Corpus amygdaloideum
A. communicans posterior
(Gyrus ambiens)
Uncus
Crus cerebri
Hypothalamus
Fossa interpeduncularis
Pes hippocampi
Cisterna interpeduncularis
Hippocampus
Substantia nigra
Ventriculus lateralis, Cornu temporale
A. cerebri posterior
Eminentia collateralis
Nucleus ruber
Cisterna ambiens
Sulcus hippocampalis
Tegmentum mesencephali
Sulcus collateralis
Hemispherium cerebelli
Tectum mesencephali, Colliculus inferior
Aqueductus mesencephali
Frenulum veli medullaris superioris
Vermis cerebelli
Gyrus lingualis
Fissura longitudinalis cerebri

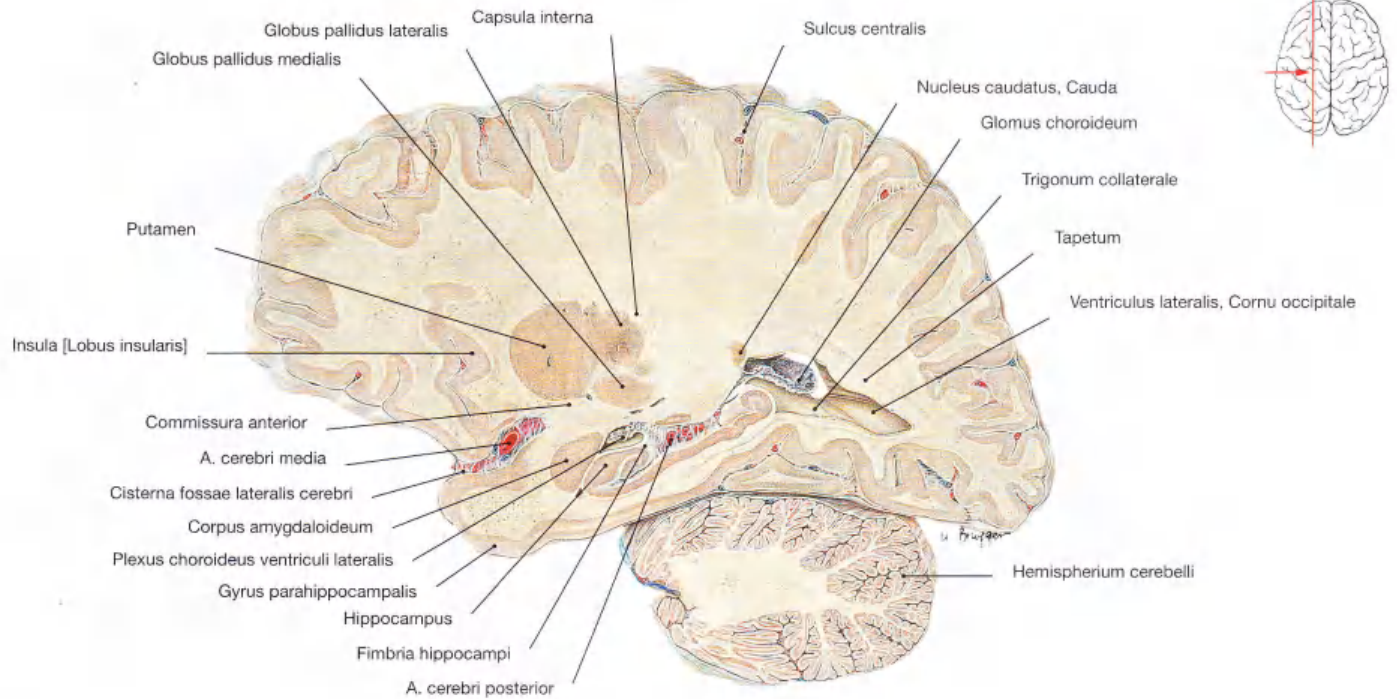
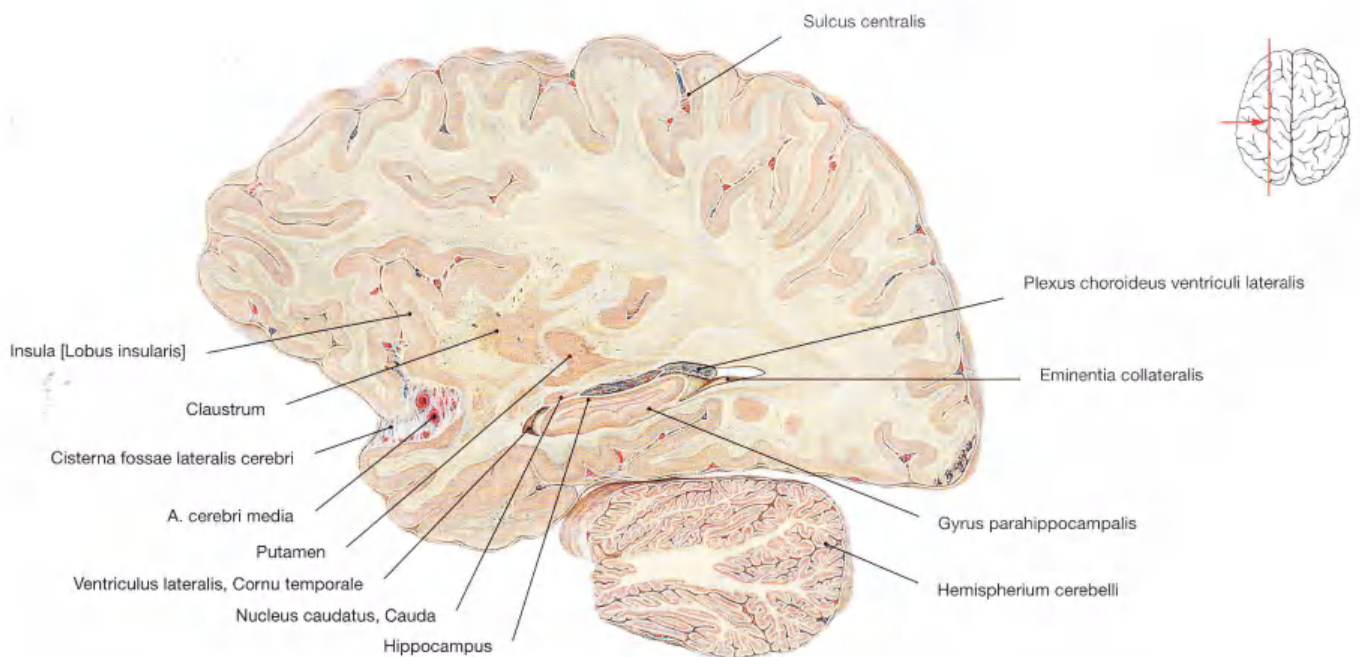
Gambar 12.126 Encephalon; potongan horizontal tidak rata yang melalui lantai Ventriculus tertius di tingkat Corpora mamillaria; dilihat dari atas.
Pemotongan dikerjakan pada Tractus optici, Hypothalami, Corpora mamillaria, Crura cerebri, Nuclei rubri, dan Colliculi inferiores tectum mesencephali. Di sisi kanan, terlihat adanya Hippocampus, di sisi kiri terlihat Substantia grisea dan alba milik Lobi temporalis et occipitalis. Pengangkatan Polus occipitalis di sisi kanan memungkinkan Hemispherium cerebelli terlihat dengan jelas.

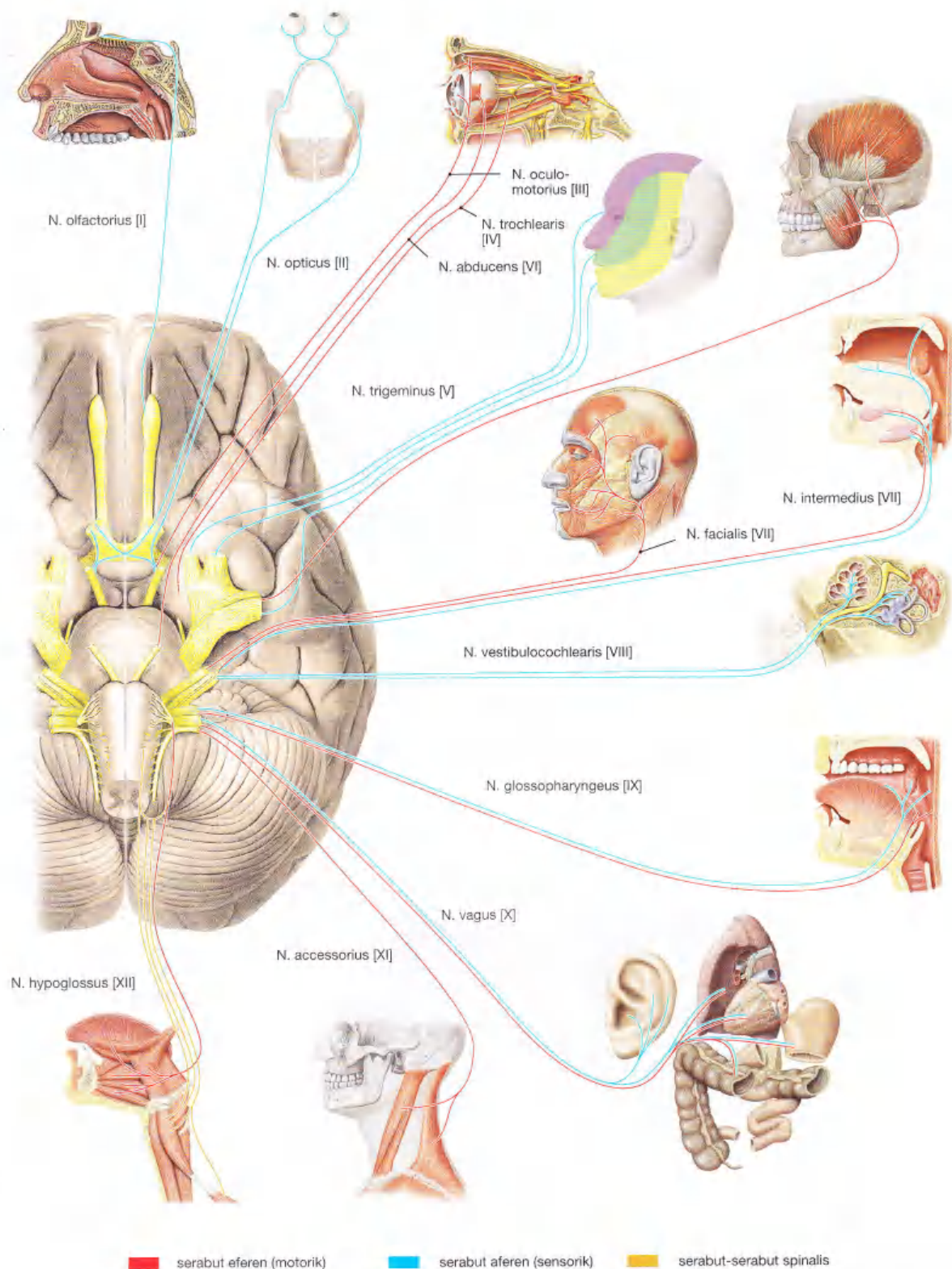
Encephalon, potongan sagital

Ventriculus lateralis, Pars centralis
V. thalamostriata superior
Corpus callosum, Truncus
Nucleus caudatus, Caput
Capsula interna
Ventriculus lateralis, Cornu frontale
Corpus callosum, Genu
Commissura anterior
Corpus callosum, Rostrum
Gyrus paraterminalis
Bulbus olfactorius
A. cerebri anterior
Gyrus rectus
A. carotis interna
N. opticus [II]
N. oculomotorius [III]
A. cerebri posterior
A. superior cerebelli
A. basilaris
Pons
N. abducens [VI]
N. hypoglossus [XII]
N. vestibulocochlearis [VIII]
A. vertebralis
N. glossopharyngeus [IX]
N. vagus [X]
Plexus choroideus ventriculi lateralis
Thalamus
Gyrus cinguli
Sulcus centralis
Tela choroidea ventriculi tertii
Fornix, Crus
Fornix, Commissura
Corpus callosum, Splenium
Sulcus parietooccipitalis
N. trochlearis [IV]
Sulcus calcarinus
Cisterna ambiens
Pedunculus cerebellaris medius
Vermis cerebelli
Ventriculus quartus
Hemispherium cerebelli
Plexus choroideus ventriculi quarti
Apertura lateralis ventriculi quarti
N. facialis [VII]
N. accessorius [XI]

Gambar 12.127 Encephalon; potongan sagital melintasi Hemispherium kiri setingkat Caput nucleus caudatus; dilihat dari sisi kiri. Potongan paramedian memperlihatkan seluruh Corpus callosum dalam dimensi rostrooccipital. Ventriculus lateralis terletak di bawah Corpus callosum dan, jauh lebih ke bawah, terletak Nucleus caudatus, Thalamus, Capsula interna, dan N. opticus [II]. A. basilaris berjalan di depan Truncus encephali. Pedunculus cerebellaris medius menandai perpindahan dari Pons ke Cerebellum.

Gambar 12.128 Encephalon; potongan sagital melintasi Hemispherium kiri setingkat Corpus nucleus caudatus; dilihat dari sisi kiri.

Selain Corpus nucleus caudatus, Crus anterius Capsula interna, Thalamus, Putamen, Globus pallidus dan Uncus pada Gyrus parahippocampalis juga telah dipotong. Nucleus dentatus terlihat jelas di bidang potongan yang melintasi Cerebellum.

Encephalon, potongan sagital

Gambar 12.129 Encephalon; potongan sagital melintasi Hemispherium kiri setingkat Corpus amygdaloideum; dilihat dari sisi kiri. Potongan ini memperlihatkan Hippocampus, Fimbria hippocampi, dan Cauda nucleus caudatus di sisi posterior Corpus amygdaloideum. Selain itu, Putamen, Globus pallidus, dan Capsula interna bisa jelas terlihat. Bagian inferior potongan ini memperlihatkan Hemispherium cerebelli.

Gambar 12.130 Encephalon; potongan sagital melintasi Hemispherium kiri setingkat apeks Cornu temporale ventriculus lateralis; dilihat dari sisi kiri. Potongan lateral ini memperlihatkan Lobus insularis dan mencakup Hippocampus beserta Gyrus parahippocampalis, Claustrum dan Putamen.

Tinjauan

Gambar 12.131 Nn. craniales; tinjauan seputar fungsi Telencephalon, Cerebrum, Truncus encephali dan Cerebellum; dilihat dari inferior.

Dua belas pasang Nn. craniales keluar dari Basis cranii. Mereka dinomori dengan angka Romawi (I-XII) berdasarkan urutan keluar dari Truncus encephali mulai dari anterior hingga posterior. Fila olfactoria menjadi Nervus cranialis pertama dan secara bersama-sama dinamai **N. olfactorius [I]**. Melalui fila, neuron-neuron olfaktoria bipolar (ada satu ganglion sensorik tak bernama yang terletak di dalam mukosa olfaktoria) berproyeksi ke dalam Bulbus olfactorius, yakni bagian Telencephalon yang berpindah tempat ke arah kranial di dalam perkembangan manusia. Dengan demikian, bulbus tersebut menjadi Nucleus terminationis bagi N. olfactorius [I], dengan perkecualian bahwa nukleus ini tidak terbenam di dalam Truncus encephali, tetapi terletak di luar di Lamina cribrosa. Kenyataan bahwa neuron-neuron Nervus cranialis pertama begitu pendek dan Nucleus terminationis terletak di luar Truncus encephali, menjadi ciri khas nervus ini dan memisahkannya dari Nn. craniales yang lain. **N. opticus [II]** begitu unik karena nervus ini mengikutsertakan neuron jaras penglihatan ke-3 bahkan mungkin ke-4. Berbeda dengan Nervi craniales lain, N. opticus merupakan tonjolan dari Diencephalon dan bukan merupakan saraf perifer sejati.

→ T 58, 59

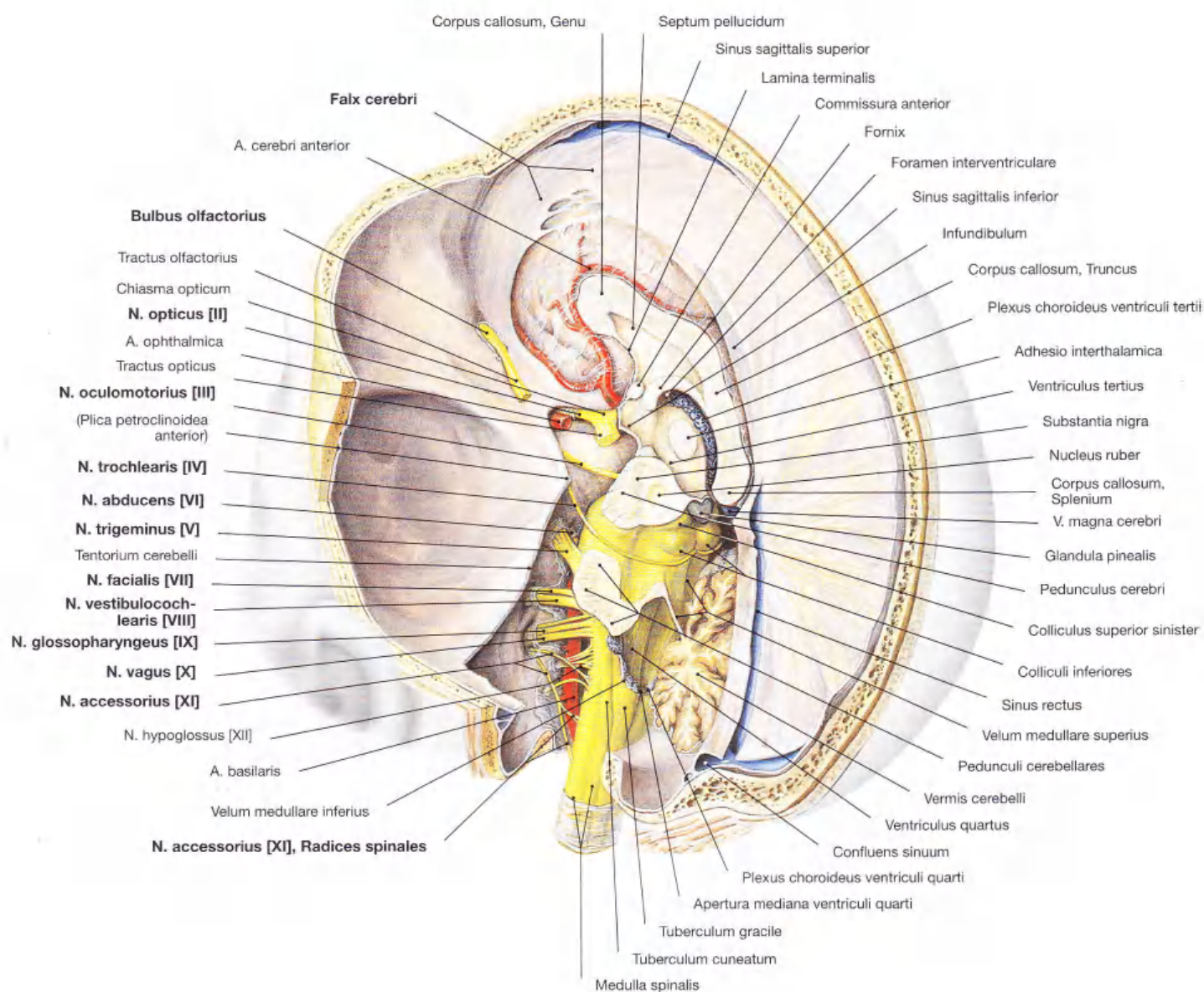
Tinjauan Dua Belas Nervi craniales dan Lokasi Persarafannya yang Terpenting [14]
Gambar yang rinci mengenai lokasi persarafan masing-masing Nervus cranialis dapat dilihat di hal. 296-323.
SAU: somato-aferen umum; SEU: somato-eferen umum; VAU: visero-aferen umum; VEU: visero-eferen umum; SAS: somato-aferen spesifik; VAS: visero-aferen spesifik; VES: visero-eferen spesifik.

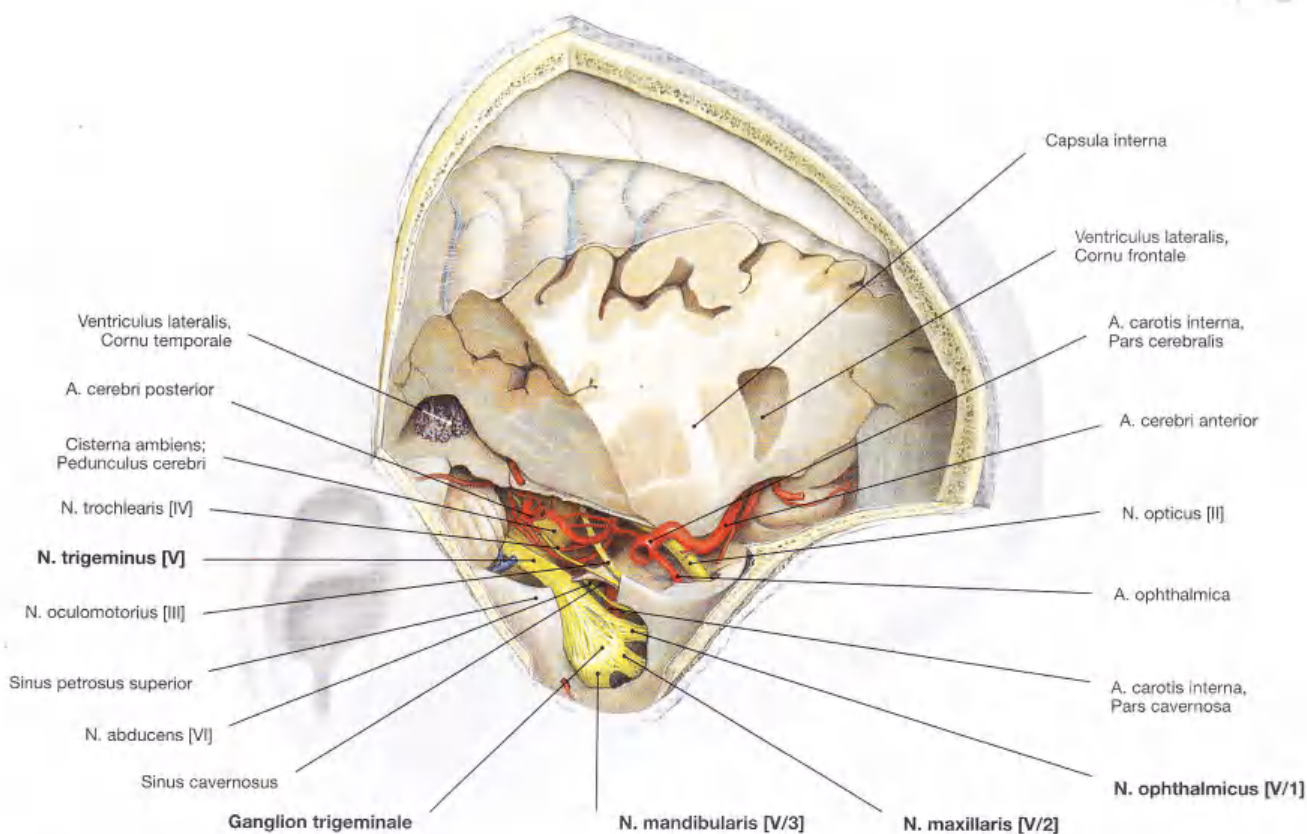
Nervus cranialis	Peran	Lokasi Persarafan yang Penting
N. olfactorius [I]	SSA	mukosa olfaktoria
N. opticus [II]	SSA	retina
N. oculomotorius [III]	SEU, VEU	otot-otot intraokular dan ekstraokular
N. trochlearis [IV]	SEU	otot-otot ekstraokular
N. trigeminus [V]	VES, SAU	otot-otot pengunyah, kulit wajah
N. abducens [VI]	SEU	otot-otot ekstraokular
N. facialis [VII]	VEU, VES, VAS, SAU	otot-otot ekspresi, organ pengecap, kelenjar
N. vestibulocochlearis [VIII]	SAS	keseimbangan dan pendengaran
N. glossopharyngeus [IX]	VEU, VES, SAU, VAU, VAS	otot-otot faring, kelenjar parotis
N. vagus [X]	VEU, VES, SAU, VAU, VAS	otot-otot faring, laring, organ dalam
N. accessorius [XI]	VES	Mm. trapezius et sternocleidomastoideus
N. hypoglossus [XII]	SEU	otot-otot lidah

Tinjauan Nervi craniales yang Memiliki Dua Nuclei atau lebih di dalam Truncus encephali [14]
Nn. trochlearis [IV], abducens [VI], accessorius [XI] dan hypoglossus [XII] masing-masing hanya memiliki satu nukleus sehingga tidak disebut di sini.

Nervi craniales	Nuclei yang Terkait
N. oculomotorius [III]	• Nucleus nervi oculomotorii • Nucleus accessorius nervi oculomotorii
N. trigeminus [V]	• Nucleus motorius nervi trigemini • Nucleus mesencephalicus nervi trigemini • Nucleus pontinus (sensorius principalis) nervi trigemini • Nucleus spinalis nervi trigemini
N. facialis [VII]	• Nucleus nervi facialis • Nucleus salivatorius superior • Nucleus spinalis nervi trigemini • Nuclei tractus solitarii
N. vestibulocochlearis [VIII]	• Nuclei vestibulares • Nuclei cochleares
N. glossopharyngeus [IX]	• Nucleus salivatorius inferior • Nucleus ambiguus • Nucleus spinalis nervi trigemini • Nuclei tractus solitarii
N. vagus [X]	• Nucleus dorsalis nervi vagi • Nucleus ambiguus • Nucleus spinalis nervi trigemini • Nuclei tractus solitarii

Tinjauan Nuclei di dalam Truncus encephali, disertai Pembagian Peran ke Dua Nervi craniales atau lebih [14]
Semua nuclei lain bisa dikaitkan dengan Nervus cranialis yang spesifik.

Nucleus	Nervus cranialis Terkait
Nucleus ambiguus	• N. glossopharyngeus [IX] • N. vagus [X] • N. accessorius [XI] (Radix cranialis)
Nuclei tractus solitarii	• N. facialis [VII] • N. glossopharyngeus [IX] • N. vagus [X]
Nucleus spinalis nervi trigemini	• N. trigeminus [V] • N. facialis [VII] • N. glossopharyngeus [IX] • N. vagus [X]

Gambar 12.132 Perjalanan Nn. craniales di Spatium subarachnoideum; dilihat dari posterior superior sisi kiri; Hemispherium kiri Cerebrum dan Cerebellum serta Tentorium cerebelli telah diangkat. Nervi craniales III-XII keluar dari Truncus encephali secara berurutan dari kranial ke kaudal. Beberapa saraf keluar sebagai satu berkas Radix yang longgar dan baru kemudian menjadi Nervus cranialis yang sesungguhnya (IX-XII). N. trochlearis [IV] tidak hanya merupakan Nervus cranialis tertipis tetapi juga unik karena keluar dari sisi posterior Truncus encephali. N. abducens [VI] memiliki perjalanan intradural terpanjang sebelum keluar melalui muaranya di Basis cranii.

→ T 58

Gambar 12.133 Perjalanan Nn. craniales di dalam Fossa cranii media; dilihat dari sisi kanan. Sebagian besar Lobi frontalis et temporalis telah diangkat untuk memungkinkan Basis cranii di bawahnya terlihat tanpa halangan. Cavum trigeminale (ruang MECKEL) telah dibuka. Di dalamnya, terletak **Ganglion trigeminale** (V, Ganglion semilunare, istilah klinis: Ganglion GASSERI), beserta tiga cabang utama N. trigeminus (N. ophthalmicus [V/1], N. maxillaris [V/2], N. mandibularis [V/3]). Selain N. trigeminus [V], bagian-bagian N. opticus [II], oculomotorius [III] dan trochlearis [IV] dan arteri yang berasal Pars cerebralis A. carotis interna (A. ophthalmica, A. cerebri anterior) juga terlihat.

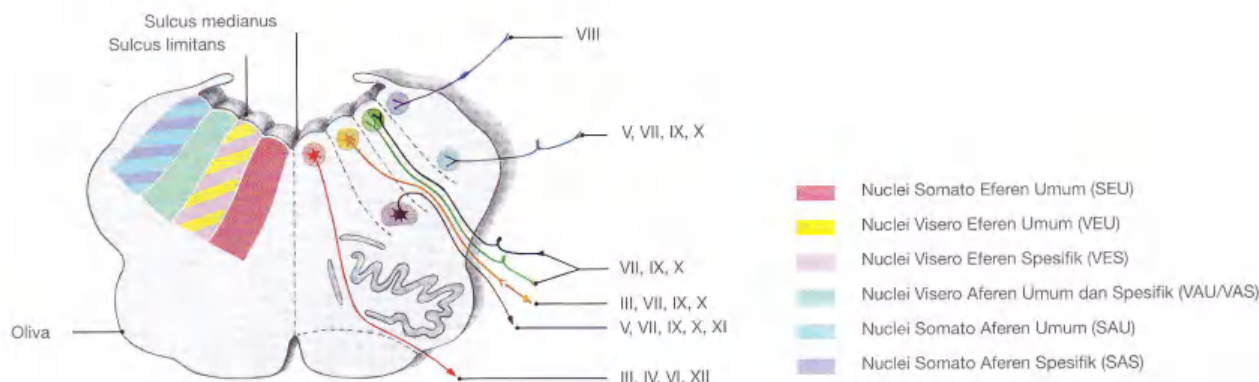
→ T 55

A. cerebri anterior dextra, Pars postcommunicalis
Chiasma opticum
Substantia nigra
Pedunculus cerebri, Crus cerebri
N. oculomotorius [III]
N. trochlearis [IV]
(Plica petroclinoidea anterior)
N. trigeminus [V], Radix motoria
N. trigeminus [V], Radix sensoria
N. abducens [VI]
N. facialis [VII]
N. vestibulocochlearis [VIII]
Infundibulum
N. opticus [II]
A. carotis interna, Pars cerebralis
A. ophthalmica
N. ophthalmicus [V/1]
Ganglion trigeminale
N. maxillaris [V/2]
N. mandibularis [V/3]

Gambar 12.134 Arteri dan Nervi di area Sella turcica dan Sinus cavernosus; dilihat dari sisi kanan.

Cavum trigeminale (ruang MECKEL) dibuka dengan cara mengangkat Dura mater cranialis dan Arachnoidea mater di tempat ini. Terlihat di tempat ini, Ganglion trigeminale (V, Ganglion semilunare, istilah klinis: Ganglion GASSERI) beserta tiga cabang N. trigeminus. Selain itu, terlihat perjalanan Nervi craniales III, IV, VI et VIII mulai keluar dari Truncus encephali hingga memasuki Basis cranii. Pars cavernosa A. carotis interna berganti menjadi Pars cerebralis yang terletak di dekat N. opticus [II]. Chiasma opticum terletak di atas Infundibulum.

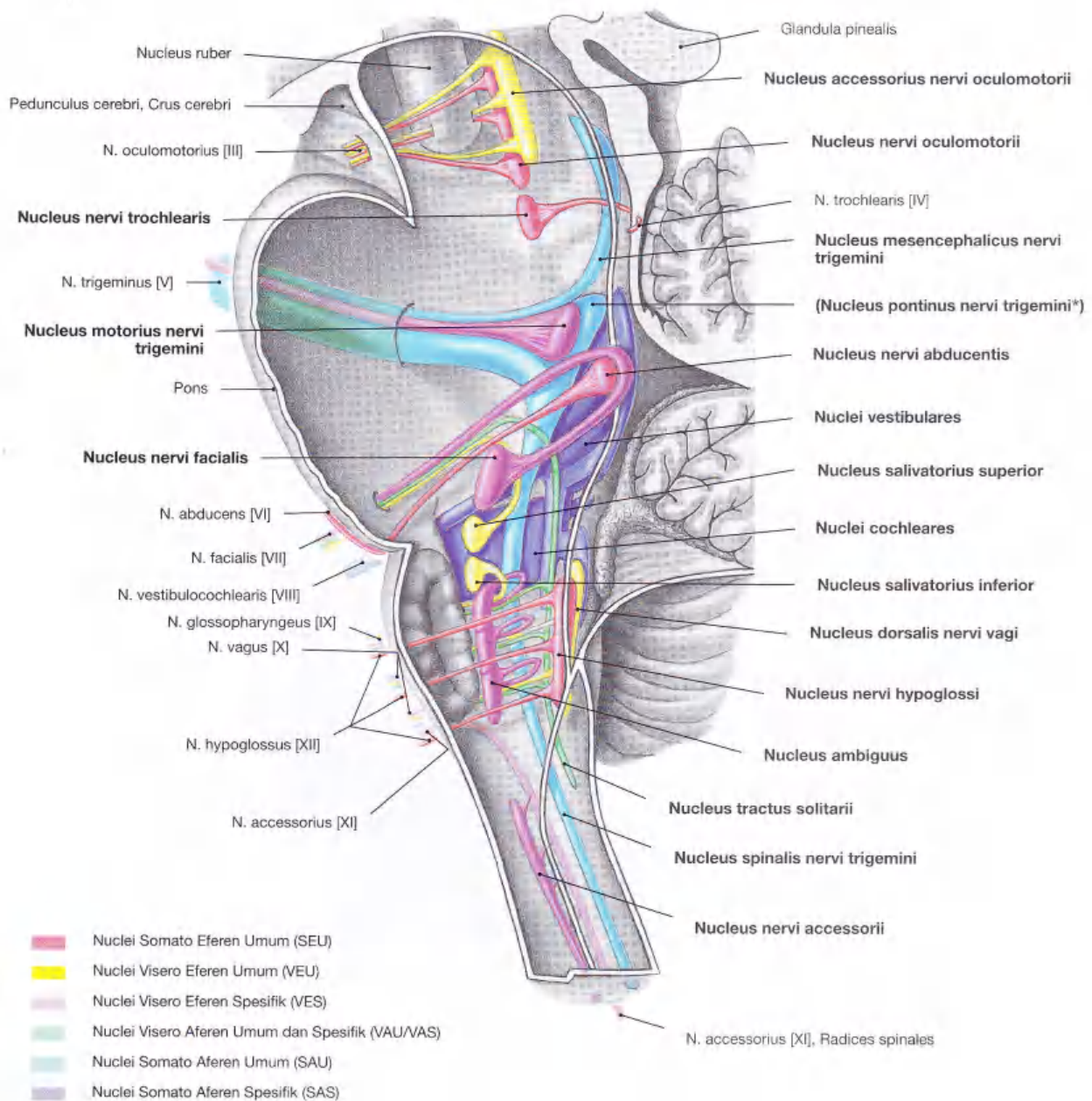
→ T 88

Nuclei nervi craniales

Gambar 12.135 Nn. craniales; skema potongan melintang melintasi Fossa rhomboidea dan memperlihatkan Nuclei bersangkutan.
Di dalam Truncus encephali, Nuclei yang memiliki fungsi serupa diatur di dalam satu kolom dari arah kranial ke kaudal. Karena dibatasi oleh ruang, Nuclei tersebut membentuk empat kolom nuklear dengan arah longitudinal dan tersusun menyamping satu dengan yang lain. Kolom nuklear ini mencakup kolom nuklei, dari arah medial ke lateral, somato-eferen, visero-eferen, visero-aferen dan somato-aferen. Di dalam kolom nuklei visero-eferen, visero-aferen dan somato-aferen, kita dapat membedakan nuklei aferen umum serta spesifik.

Nucleus accessorius nervi oculomotorii
Nucleus nervi oculomotorii
Nucleus nervi trochlearis
Nucleus mesencephalicus nervi trigemini
Nucleus motorius nervi trigemini
(Nucleus pontinus nervi trigemini*)
Nucleus nervi abducentis
Nucleus nervi facialis
Nucleus salivatorius superior
Nucleus principalis posterior
Nucleus salivatorius inferior
Nucleus ambiguus
Nucleus vestibularis superior
Nucleus vestibularis lateralis
Nucleus vestibularis inferior
Nucleus vestibularis medialis
Nuclei vestibulares
Nucleus dorsalis nervi vagi
Nucleus nervi hypoglossi
Nucleus spinalis nervi trigemini
Nucleus tractus solitarii
Nucleus nervi accessorii

Gambar 12.136 Nn. craniales; tinjauan topografi Nuclei; dilihat dari posterior.
Selain Nervi craniales I dan II, semua Nervi craniales (III-XII) memiliki Nuclei yang terletak di Truncus encephali. Mesencephalon mengandung Nuclei nervi craniales III dan IV, sementara Nuclei nervi craniales V hingga VII terletak di dalam Pons, dan Medulla oblongata mengandung Nuclei nervi craniales VII hingga XII.
Susunan topografi Nuclei nervi craniales ini akan mudah dipahami bila Anda mengingat tentang pemisahan kolom-kolom nuklear fungsional (→ Gambar 12.135). Di sisi kiri, terletak Nuclei originis yang mengandung perikarya neuron-neuron eferen yang terproyeksi ke dalam perifer. Di Nuclei terminationes di sisi kanan, serabut-serabut aferen berasal dari sinaps-sinaps perifer ke dalam neuron traktus sensorik ke-2.

* istilah klinis: Nucleus sensorius principalis nervi trigemini

→ T 97

Gambar 12.137 Nn. craniales; tinjauan topografi Nuclei nervi craniales III hingga XII pada bidang median.

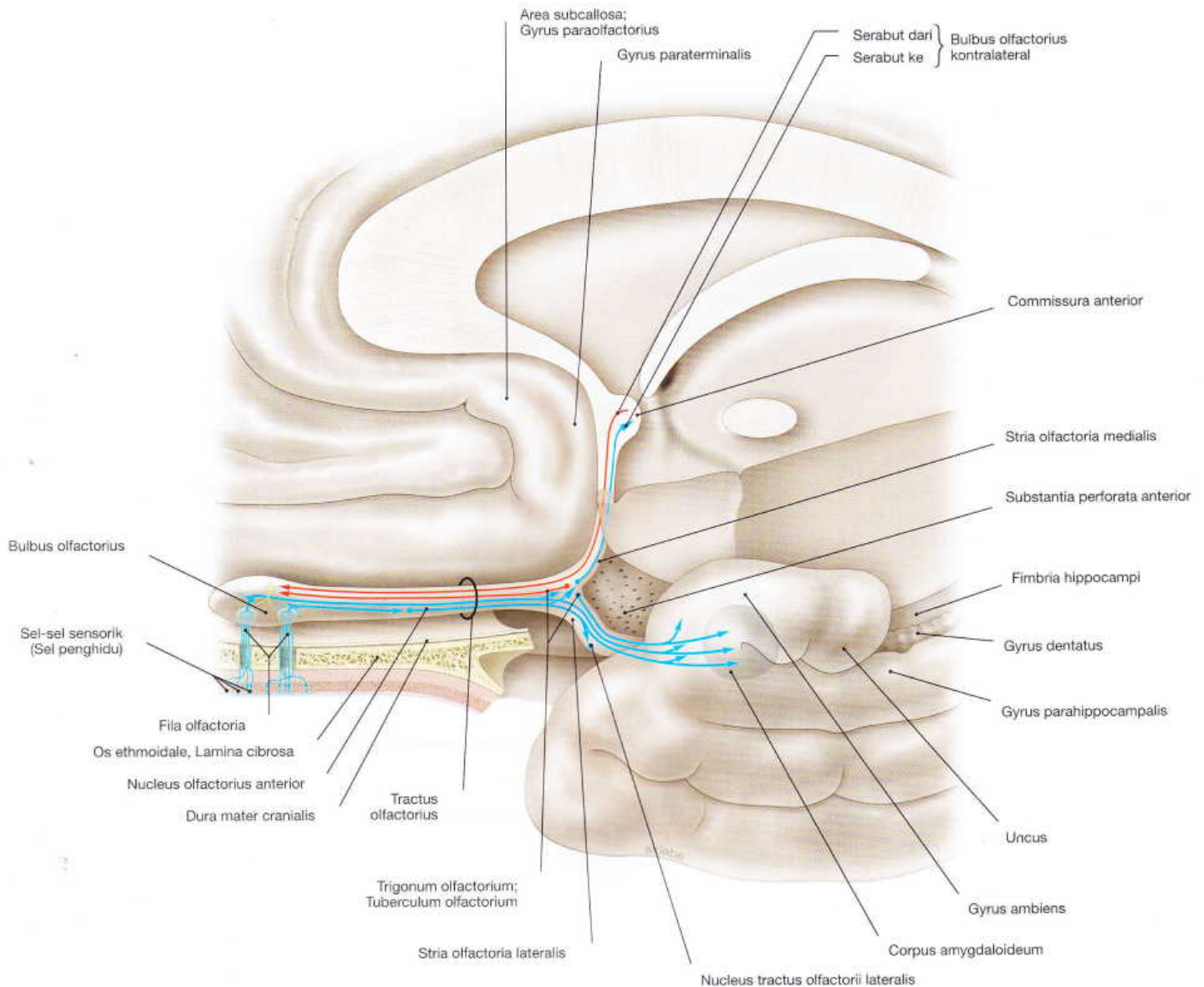
Nuclei originis dengan perikarya serabut motorik/eferen dibagi menjadi:

- Nuclei somato-eferen umum (Nuclei nervi oculomotorii [III, otot-otot ekstraokuli], trochlearis [IV, M. obliquus superior], abducens [VI, M. rectus lateralis] et hypoglossi [XII, otot-otot lidah])
- Nuclei visero-eferen umum (Nuclei accessorius nervi oculomotorii [III, Mm. sphincter pupillae et ciliaris], salivatorius superior [VII, Glandulae submandibularis, sublingualis, lacrimalis, nasales et palatinales], salivatorius inferior [IX, Glandula parotidea], dorsalis nervi vagi [X, viseral])
- Nuclei visero-eferen khusus (Nuclei motorius nervi trigemini [V, otot-otot pengunyah, otot-otot lantai mulut], nervi facialis [VII, otot-otot mimik], ambiguus [IX, X, Radix cranialis XI, otot-otot faring dan laring] dan Nucleus nervi accessorii [XI, Radix spinalis, otot-otot bahu])

Nuclei terminationes menjadi sasaran serabut sensorik/aferen dan dibagi menjadi:

- Nuclei visero-aferen umum (Nuclei tractus solitarii, Pars inferior [IX, X, persarafan sensorik bagi otot-otot polos (visera)])
- Nuclei visero-aferen khusus (Nucleus tractus solitarii, Pars superior [VII, IX, XI, serabut pengecapan)
- Nuclei somato-aferen umum (Nuclei mesencephalicus nervi trigemini [V, propriosepsi otot-otot pengunyah], pontinus (sensorius principalis) nervi trigemini [V, sentuh, getar, posisi Articulatio temporomandibularis], spinalis nervi trigemini [V, sensasi nyeri dan suhu di daerah kepala])
- Nuclei somato-aferen khusus (Nuclei vestibulares superior, lateralis, medialis et inferior [VIII, pars vestibularis, keseimbangan] serta Nuclei cochleares anterior et posterior [VIII, pars cochlearis, pendengaran]

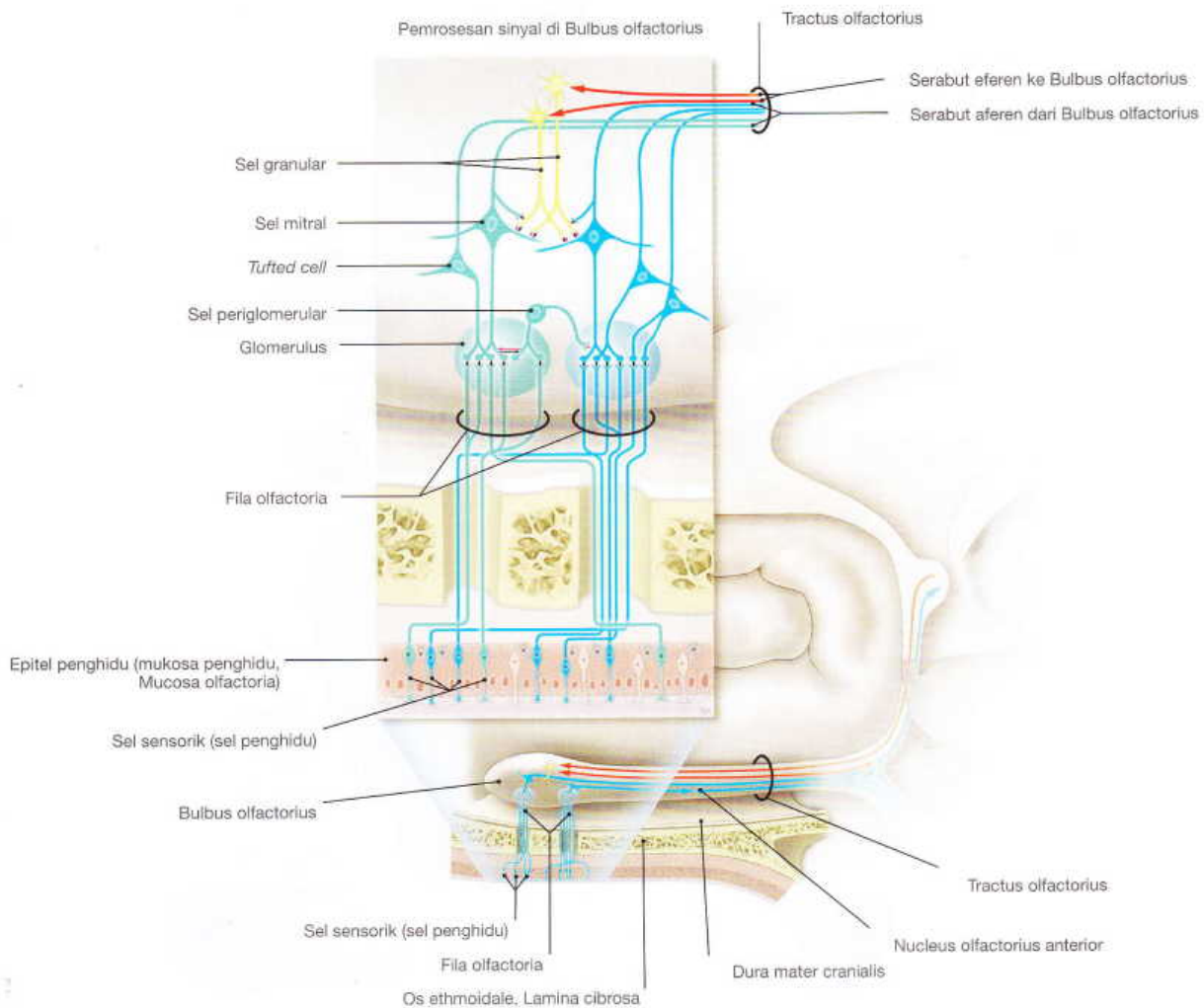
* istilah klinis: Nucleus sensorius principalis nervi trigemini

→ T 57

N. olfactorius [I]

Gambar 12.138 N. olfactorius [I] beserta Nn. olfactorii (Fila olfactoria) dan Tractus olfactorius; dilihat dari sisi kiri.

Regio olfactoria seluas 3 cm2 terdapat di kedua sisi atas Cavum nasi. Regio ini mengandung sekitar 30 juta sel sensorik olfaktorius yang berespons terhadap sinyal kimiawi; sel-sel ini adalah neuron bipolar (neuron olfaktorius, neuron ke-1, SAS). Di satu sisi, neuron tersebut terhubung dengan lingkungan luar dan di sisi lain, aksonnya membentuk Fila olfactoria. Neuron olfaktorius memiliki usia hidup pendek, 30-60 hari, dan diganti oleh *neuronal stem cells* sepanjang hidup.

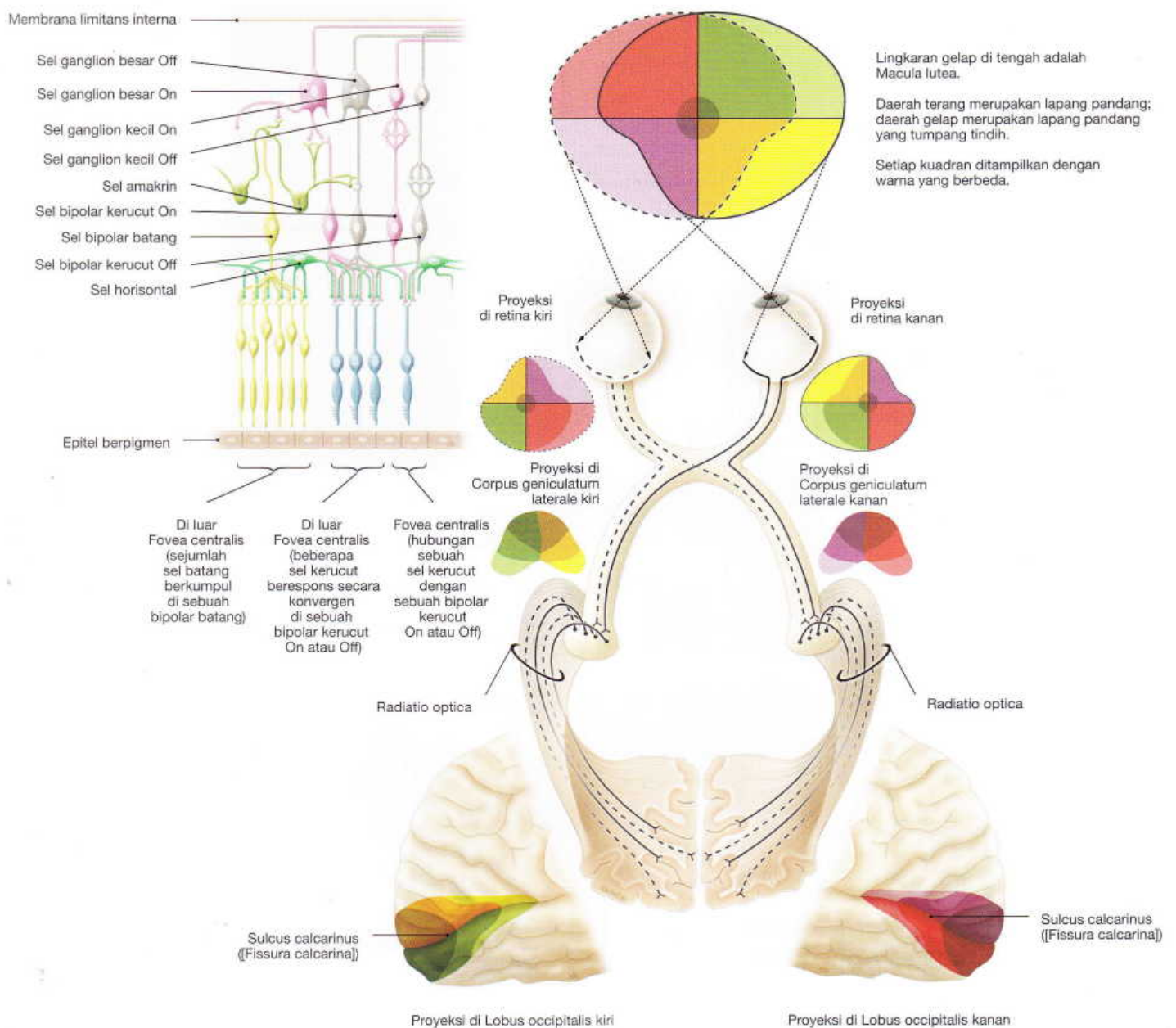
Fila olfactoria secara bersama-sama dinamakan N. olfactorius [I]. Di dalam setiap bulbus, Fila olfactoria bersatu menjadi sekitar 1000 **glomeruli**. Dari tempat ini, informasi olfaktorius mencapai berbagai regio di Basis cranii dan Lobus temporalis (area korteks olfaktorius primer) dan, melalui hubungan langsung serta tak langsung, terproyeksi ke area korteks olfaktorius sekunder dan regio lainnya di otak, termasuk Hypothalamus. Dengan cara ini, perwujudan kesadaran akan adanya rangsang olfaktorius dan hubungan dengan persepsi sensorik lainnya tercapai.

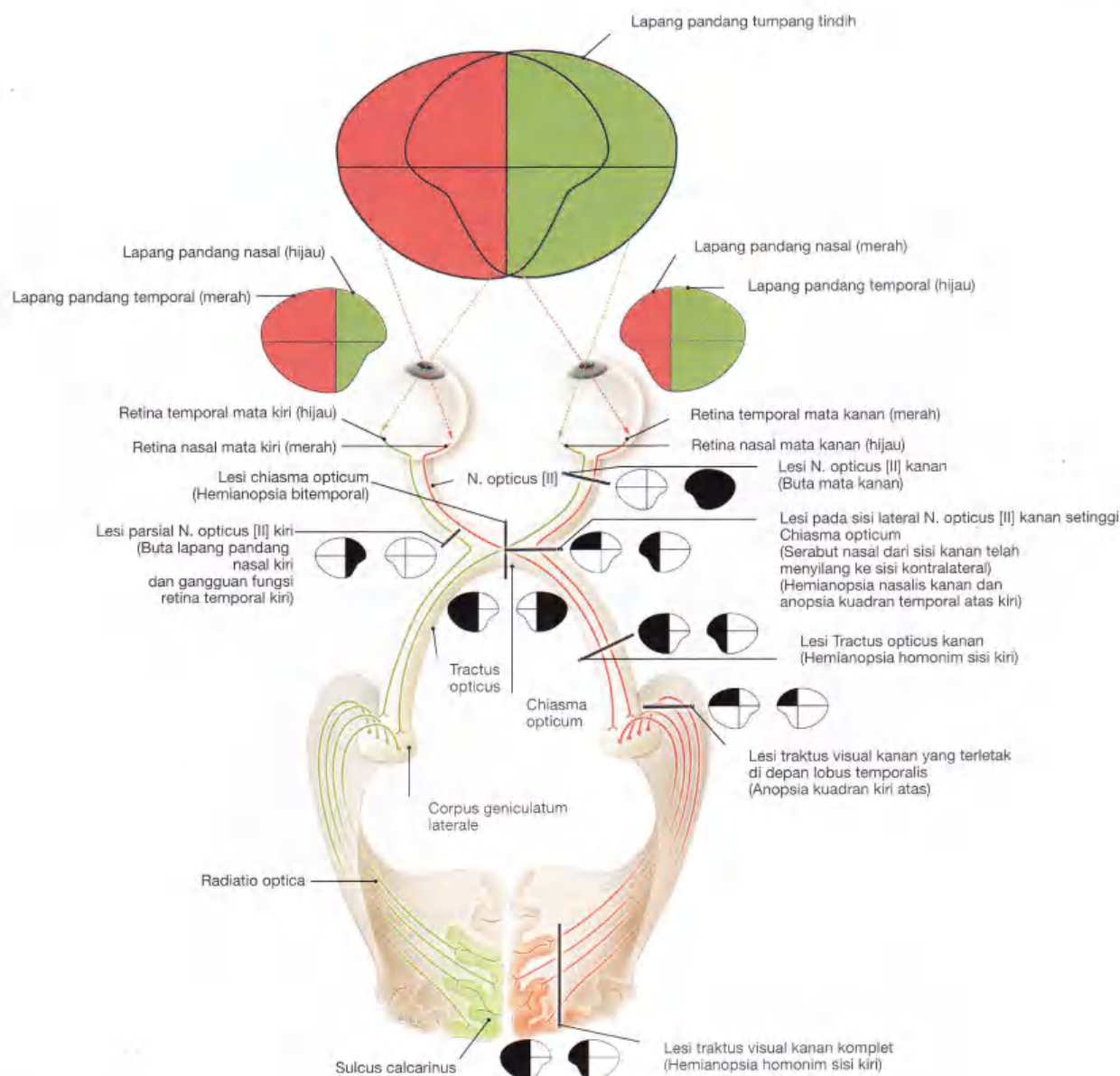
→ T 58a

N. olfactorius [I]

Gambar 12.139 Skema proyeksi dan hubungan sinaptik Fila olfactoria; dilihat dari sisi kiri.
Di dalam setiap bulbus, semua Fila olfactoria bersatu menjadi sekitar 1000 **glomeruli** (di dalam gambar, disajikan dua glomeruli sebagai contoh) yang secara kolektif membentuk Tractus olfactorius. Beragam sinaps di dalam glomeruli pada akhirnya bersatu di **sel mitral** (neuron ke-2). Akson-akson semua neuron yang memiliki reseptor penghidu yang sama mencapai glomerulus yang khusus bagi tiap-tiap reseptor dari sekitar 1000 reseptor olfaktorius yang berbeda. Sel mitral bulbus olfactorius terproyeksi ke berbagai area yang berbeda di Basis cranii dan Lobus temporalis (→ Gambar 12.138). Mekanisme umpan balik meningkatkan pembedaan masing-masing rangsang bau; mekanisme ini melibatkan sel granular yang terhubung kembali dengan sel mitral yang berbeda-beda.

Catatan Klinis

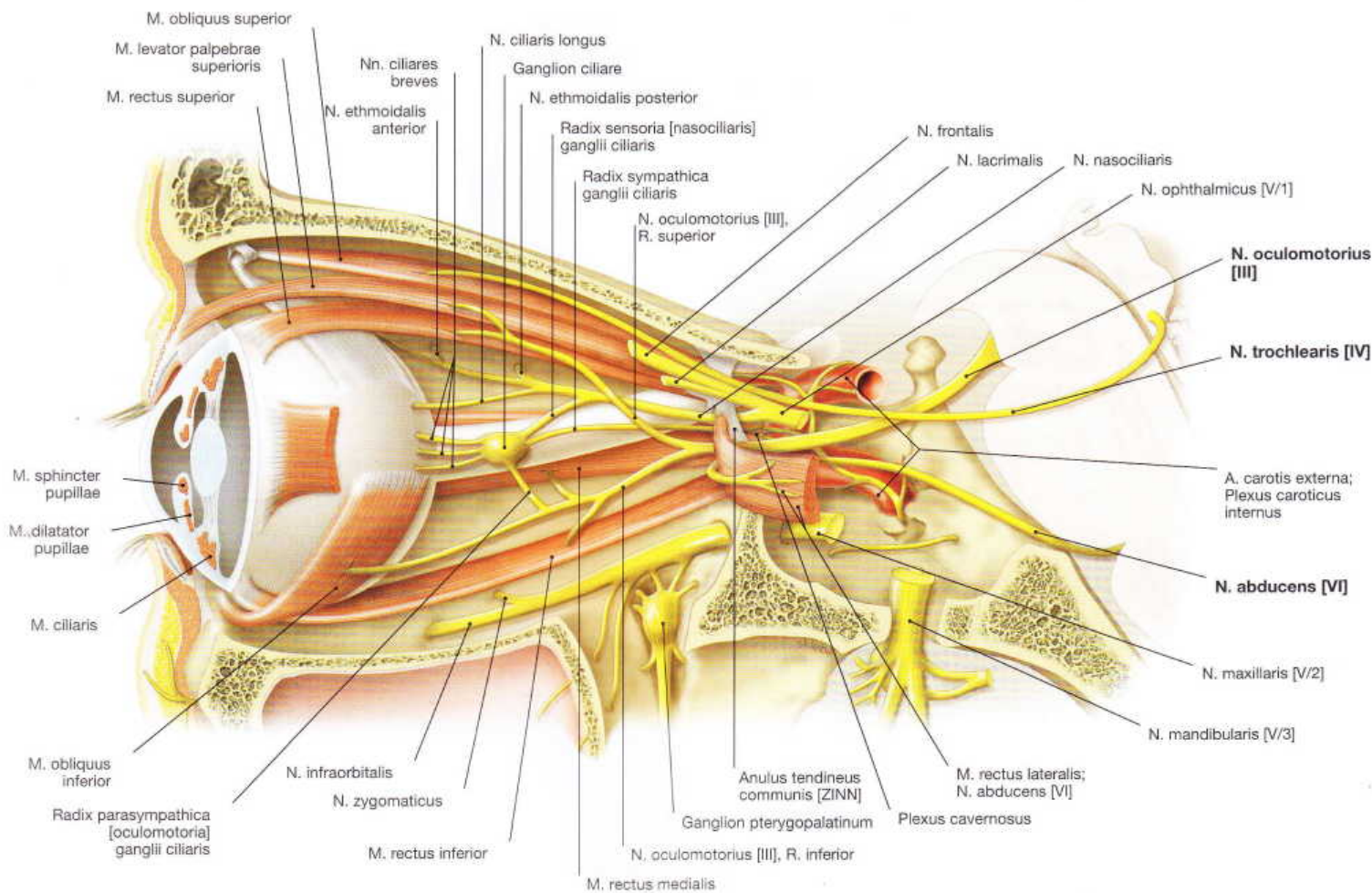
Infeksi virus, sinusitis kronik, sumbatan jalan napas hidung ke mukosa olfaktorius, misalnya akibat alergi, efek samping obat, tumor otak atau trauma kepala disertai cedera neuron olfaktorius dalam perjalanannya ke Lamina cribrosa, dapat menyebabkan **hiposmia** (menurunnya kemampuan mempersepsi bau) atau **anosmia** (tidak mampu mempersepsi bau).

N. opticus [II]

Gambar 12.140 Jejaring saraf di Retina dan traktus visual sentral; skema sangat sederhana.
Sel kerucut (neuron ke-1) mengarahkan informasi ke **sel bipolar kerucut** (neuron ke-2) dan **sel ganglion** (neuron ke-3). Sel horizontal dan amakrin memodifikasi proses informasi. Akson-akson dari sel ganglion membentuk N. opticus [II]. Jejaring hubungan yang telah disebut di atas, yang diwakili oleh rantai intraretinal dari ketiga neuron, hanya berlaku bagi sel kerucut (bagi sel batang → Gambar 12.141 dan buku ajar histologi). Untuk perjalanan visual sentral → halaman 131 dan 132.

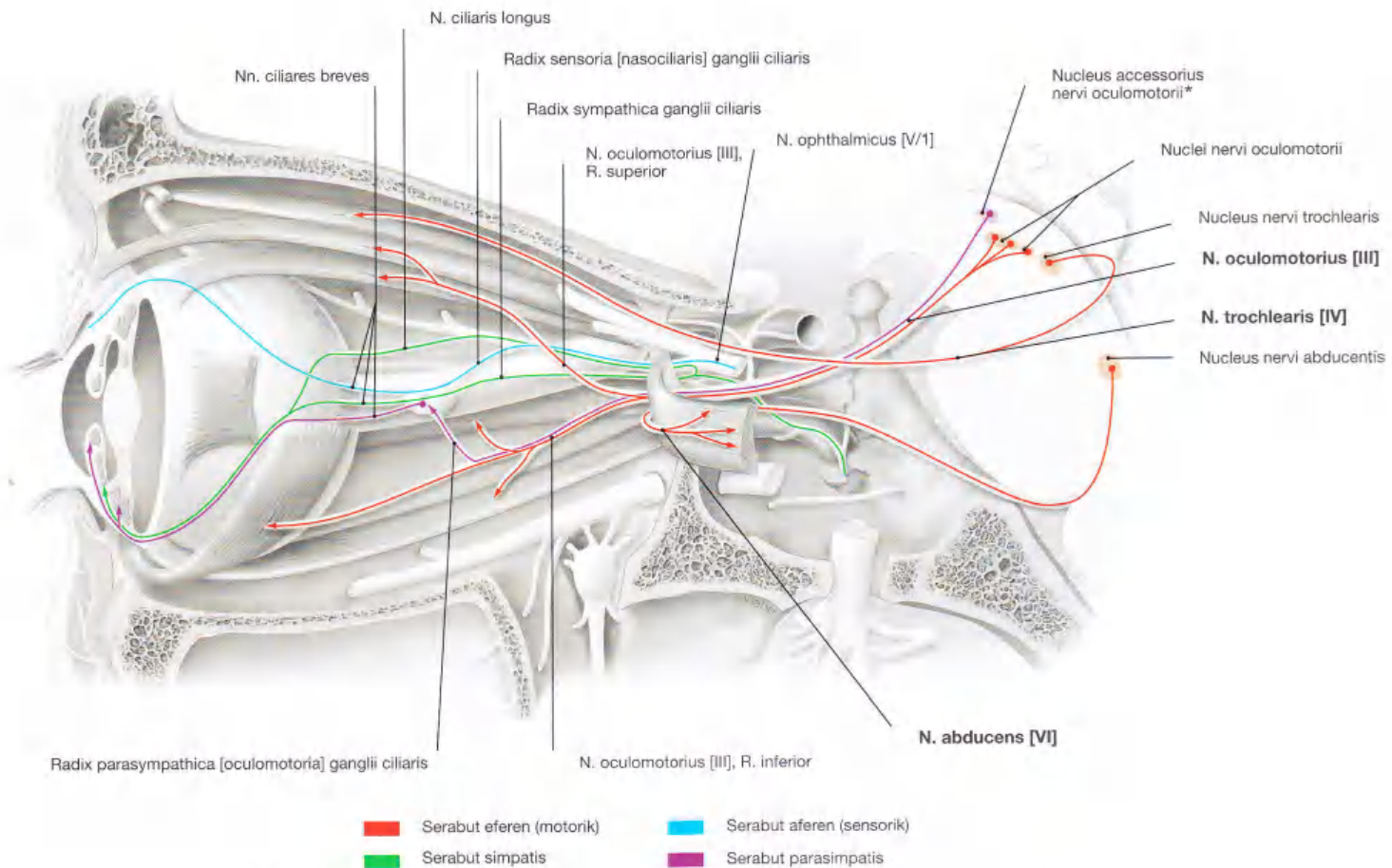
→ T 58b

Gambar 12.141 N. opticus [II] dan traktus visual. [23]
Traktus visual bermula di retina yang mengandung tiga neuron proyeksi pertama beserta interneuron (sel horizontal, sel amakrin) (→ Gambar 12.140).
Sebanyak 40 **sel batang** menyampaikan sinyalnya menuju satu **sel bipolar batang.** Dari sini, informasi tersebut disampaikan secara tidak langsung melalui sel amakrin (bergantung kepada literatur yang digunakan, saat ini terdapat 20 hingga 50 macam sel yang telah dapat dijelaskan) menuju **sel ganglion**. Dengan demikian, terdapat rantai intraretinal dari keempat neuron bagi sel batang. Akson sel ganglion berjalan di dalam N. opticus menuju **Chiasma opticum**, tempat serabut-serabut dari Pars nasalis Retina menyilang ke sisi yang berlawanan (merah). Serabut dari Pars temporalis tidak menyilang (hijau). Setelah Chiasma, terdapat Tractus opticus yang mengandung serabut-serabut pembawa informasi visual dari lapang pandang kontralateral. Bagian utama dari serabut ini (Radix lateralis) bersinaps di Corpus geniculatum laterale (CGL). Beberapa serabut (Radix medialis) bercabang sebelum mencapai CGL dan terproyeksi ke dalam Area pretectalis, Colliculus superior dan ke dalam Hypothalamus. **Radiatio optica GRATIOLET** muncul dari Corpus geniculatum laterale dan terproyeksi ke dalam regio di sekitar Sulcus calcarinus menuju area 17 dan 18 Cortex cerebri (Area striata).

Catatan Klinis

- Lesi N. opticus [III] di anterior Chiasma opticum, misalnya yang disebabkan oleh cedera kepala dan/atau otak akibat trauma, menyebabkan kebutaan di mata yang terkena gangguan (→ Gambar 12.141).
- Lesi di lateral N. opticus [II] setingkat Chiasma opticum (serabut nasalis kanan telah menyilang ke sisi kontralateral), misalnya akibat tumor, menyebabkan hemianopsia nasal kanan dan anopsia kuadran temporal kiri atas (→ Gambar 12.141).
- Lesi di median Chiasma opticum, kebanyakan disebabkan oleh tumor Hypophysis, menyebabkan hemianopsia bitemporal (→ Gambar 12.141).
- Lesi di sisi kanan Tractus opticus (seperti dicontohkan dalam gambar), misalnya akibat perdarahan, menyebabkan hemianopsia homonimus sisi kiri (→ Gambar 12.141).
- Lesi di bagian anterior Radiatio optica, tepatnya di Lobus temporalis kanan (seperti dicontohkan dalam gambar), misalnya akibat iskemia, menyebabkan anopsia kuadran atas kiri (→ Gambar 12.141).
- Lesi di seluruh Radiatio optica kanan (seperti dicontohkan dalam gambar), misalnya disebabkan oleh perdarahan hebat, menyebabkan hemianopsia homonimus sisi kiri (→ Gambar 12.141).

N. oculomotorius [III], N. trochlearis [IV], N. abducens [VI]

Gambar 12.142 Nn. oculomotorius [III], trochlearis [IV], et abducens [VI], sisi kiri; dilihat dari lateral; Orbita dibuka, Corpus adiposum orbitae diangkat, M. rectus lateralis dipotong di dekat Insertionya lalu dilipat. N. oculomotorius [III] mempersarafi otot-otot ekstraokular, kecuali M. obliquus superior (N. trochlearis [IV]) dan M. rectus lateralis (N. abducens [VI]). Bagian parasimpatik N. cranialis III mempersarafi M. sphincter pupillae dan M. ciliaris (dua otot intraokular).

→ T 58c, d, f

N. oculomotorius [III], N. trochlearis [IV], N. abducens [VI]

Gambar 12.143 Kualitas serabut Nn. oculomotorius [III], trochlearis [IV] dan abducens [VI], sisi kiri; dilihat dari lateral.

N. oculomotorius [III] mengandung serabut motorik (SEU) yang berasal dari Nucleus nervi oculomotorii untuk mempersarafi sebagian besar otot-otot ekstraokular. Di dalam Orbita, serabut tersebut terbagi menjadi R. superior guna mempersarafi Mm. rectus superior et levator palpebrae superioris dan R. inferior guna mempersarafi Mm. rectus medialis, rectus inferior dan obliquus inferior. Nucleus accessorius nervi oculomotorii (EDINGER-WESTPHAL) menyumbang serabut parasimpatik (VEU) yang mencapai Ganglion ciliare melalui R. inferior serta Radix parasympathica (oculomotoria). Di dalam Ganglion ciliare, serabut-serabut parasimpatis praganglionik bersinaps ke neuron-neuron pascaganglionik. Serabut pascaganglionik terproyeksi bersama Nn. ciliares breves menuju Bulbus oculi, menembus dindingnya, dan mencapai Mm. ciliaris et sphincter pupillae di intraokular.

N. trochlearis [IV] mengandung serabut motorik (SEU) untuk M. obliquus superior dari Nucleus nervi trochlearis di dalam Truncus encephali.

N. abducens [VI] mengandung serabut motorik (SEU) dari Nucleus nervi abducens untuk M. rectus lateralis.

* Nucleus EDINGER-WESTPHAL

Catatan Klinis

Lesi di tiap Nervi craniales yang mempersarafi otot-otot ekstraokular menyebabkan paralisis otot-otot ekstraokular terkait, sehingga terjadi deviasi bola mata. Arah dan derajat keparahan deviasi mata ini bergantung kepada aksi otot-otot ekstraorbital (beserta Nervi craniales) yang masih ada dan lebih kuat pengaruhnya bila dibandingkan dengan otot yang mengalami paralisis. Untuk lebih jelasnya → halaman 113.

Paralisis N. oculomotorius lengkap menyebabkan ptosis, midriasis, ketidakmampuan berakomodasi, dan bulbus yang mengarah ke bawah serta keluar.

Paresis N. abducens cukup sering terjadi karena perjalanan N. abducens [VI] di ekstradural serta di dalam Sinus cavernosus cukup panjang. Bila pasien diminta untuk mengarahkan mata yang terkena gangguan menuju sisi temporal, bulbus tetap mengarah lurus ke depan karena M. rectus lateralis lumpuh.

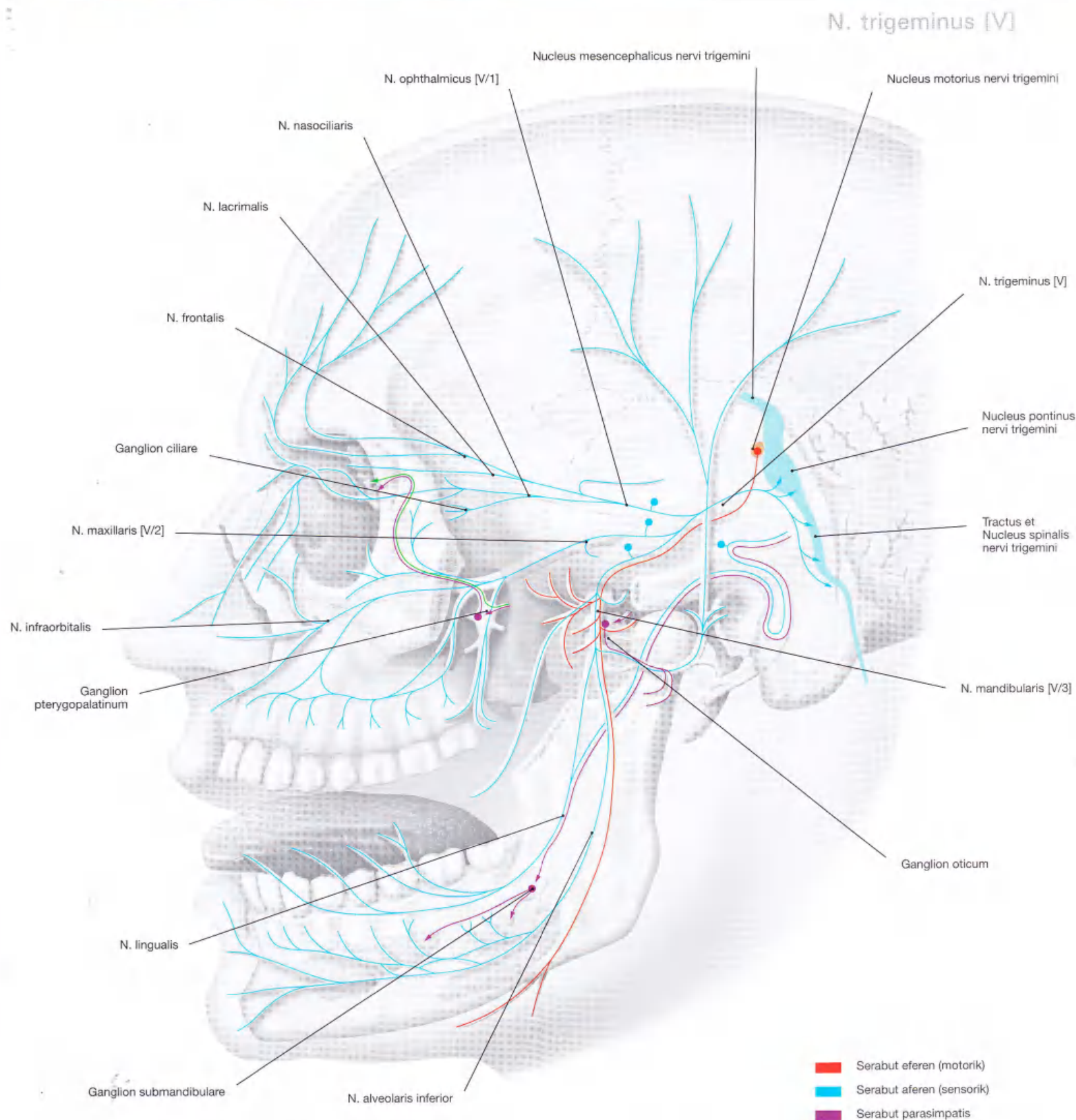
N. trigeminus [V]

R. meningeus recurrens [R. tentorius]
N. nasociliaris
N. lacrimalis
Radix sensoria [nasociliaris] ganglii ciliaris
N. frontalis
Ganglion ciliare
N. ethmoidalis posterior
Nn. ciliares longi
Nn. ciliares breves
N. supraorbitalis
N. supratrochlearis
N. infratrochlearis
N. ethmoidalis anterior
Rr. nasales interni
R. nasales externus
N. maxillaris [V/2]
R. zygomaticotemporalis
R. meningeus
R. zygomaticofacialis
N. zygomaticus
N. canalis pterygoidei
N. infraorbitalis
Ganglion pterygopalatinum
Rr. nasales posteriores superiores; N. nasopalatinus
Rr. alveolares superiores
N. pharyngeus
Nn. temporales profundi
N. pterygoideus lateralis; N. massetericus
Nn. palatini major et minores
N. musculi tensoris veli palatini; N. pterygoideus medialis
N. buccalis
N. mentalis
Plexus dentalis inferior
N. mylohyoideus
Ganglion submandibulare
N. lingualis
N. alveolaris inferior
N. mandibularis [V/3]
Ganglion oticum
N. musculi tensoris tympani
N. petrosus minor (N. glossopharyngeus [IX])
Rr. parotidei; Rr. communicantes cum nervi faciali
R. meningeus
N. auriculotemporalis
N. meatus acustici externi, Nn. auriculares anteriores
Chorda tympani
N. facialis [VII]
N. trigeminus [V]
Rr. temporales superficiales
Ganglion trigeminale
N. ophthalmicus [V/1]

Gambar 12.144 N. trigeminus [V], sisi kiri; dilihat dari lateral.
N. trigeminus [V] adalah saraf yang berasal dari Arcus pharyngeus primus dan terbagi menjadi tiga cabang utama: Nn. ophthalmicus [V/1] (hijau muda), maxillaris [V/2] (jingga), dan mandibularis [V/3] (biru turqoise). Nervus ini terutama berperan membawa serabut somato-aferen umum (SAU), sejumlah serabut visero-eferen spesifik (VES), dan serabut motorik (V/3).

N. ophthalmicus [V/1] mempersarafi mata (termasuk kornea dan konjungtiva), kulit kelopak mata atas, dahi, bagian belakang hidung, mukosa nasal dan paranasal. Serabut parasimpatis mempersarafi Glandula lacrimalis dan terkait dengan perjalanan N. ophthalmicus [V/1] di perifer.

N. maxillaris [V/2] mempersarafi kulit Regio temporalis anterior dan pipi bagian atas serta kulit di bawah mata. Selain itu, saraf ini menyajikan serabut sensorik bagi Palatum, gigi-geligi di rahang atas, dan mucosa Sinus maxillaris.

N. mandibularis [V/3] mempersarafi otot-otot pengunyah, dua otot di dasar mulut (M. mylohyoideus dan Venter anterior M. digastricus), serta Mm. tensor veli palatini et tensor tympani. Saraf ini juga memberi persarafan sensorik ke kulit di Regio temporalis posterior, pipi, dan dagu, serta mempersarafi gigi-geligi dan Gingiva rahang bawah. Serabut parasimpatis yang mempersarafi kelenjar-kelenjar saliva yang besar serta serabut pengecapan bagi lidah diatur oleh cabang-cabang N. mandibularis [V/3]. Serabut terakhir ini juga memberi serabut sensorik bagi dua-pertiga anterior lidah.

N. trigeminus [V]

Gambar 12.145 Kualitas serabut N. trigeminus [V], sisi kiri; dilihat dari lateral.
Nuclei originales dan **Nuclei terminales** N. trigeminus [V] meliputi Nucleus mesencephalicus nervi trigemini (somato-sensorik), Nucleus pontinus (sensorius principalis) nervi trigemini (somato-sensorik), Nucleus spinalis nervi trigemini (somato-aferen umum, SAU), dan Nucleus motorius nervi trigemini (visero-eferen spesifik, VES).

N. trigeminus [V] terdiri atas **Radix sensoria** (Portio major) dan **Radix motoria** (Portio minor). Setelah keluar dari Pons, N. trigeminus melintasi Clivus dan mencapai Ganglion trigeminale (Ganglion semilunare, istilah klinis: Ganglion GASSERI, mengandung neuron pseudo-unipolar yang menyajikan rangsang sensorik protopatik dan epikritik bagi Nuclei pontinus et spinalis nervi trigemini) dan terbagi menjadi tiga cabang utama, yakni Nn. ophthalmicus [V/1], maxillaris [V/2], et mandibularis [V/3].

N. trigeminus [V]

Cabang-cabang N. ophthalmicus [V/1] (khususnya somato-eferen)		
Cabang Utama	**Cabang Minor**	**Area Persarafan**
R. meningeus recurrens [R. tentorius]		Bagian-bagian meninges
N. frontalis	N. supraorbitalis	Kulit dahi dan mukosa Sinus frontalis
	N. supratrochlearis	Kulit dan konjungtiva di Plica palpebronasalis
N. lacrimalis		Glandula lacrimalis (serabut parasimpatik pascaganglionik dari N. zygomaticus guna memberi persarafan sekretorik terkait N. lacrimalis), kulit dan jaringan penyambung
N. nasociliaris	(→ Tabel di bawah)	Sinus nasales, Pars anterior cavum nasi dan iris, Corpus ciliare, Cornea (→ Tabel di bawah)

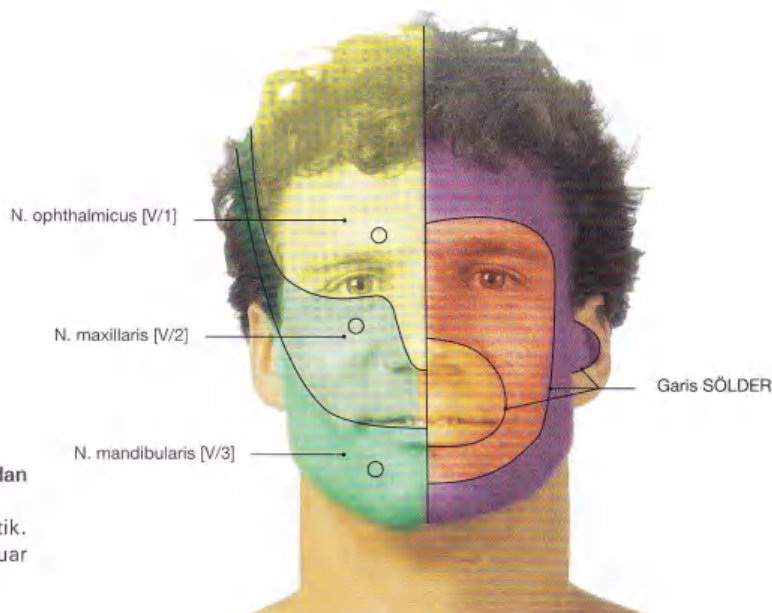
Cabang-cabang N. nasociliaris (dari V/1) [14]		
Cabang	**Perjalanan**	**Area Persarafan**
Radix sensoria ganglii ciliaris [R. communicans cum ganglio ciliari]	Memberi komponen sensorik bagi Ganglion ciliare, yang mengeluarkan Nn. ciliares breves	Bulbus oculi dan Conjunctivae bulbi [bergabung bersama Nn. ciliares longi]
Nn. ciliares longi	Terkait dengan N. opticus dan berjalan bersama Nn. ciliares breves dari Ganglion ciliare menuju Bulbus oculi; serabut ini juga mengandung serabut simpatik dari Plexus caroticus	Bulbus oculi dan Conjunctivae bulbi; serabut simpatiknya mempersarafi M. dilatator pupillae
N. ethmoidalis posterior	Melintas melalui foramen dengan nama serupa guna mencapai Cellulae ethmoidales posteriores dan Sinus sphenoidalis	Mukosa Cellulae ethmoidales posteriores dan Sinus sphenoidalis
N. ethmoidalis anterior	Melintas melalui foramen dengan nama serupa dan kembali ke dalam Fossa cranialis anterior, berjalan melintasi Lamina cribrosa ke dalam Cavum nasi; berakhir di Rr. nasales externi di kulit Dorsum nasi.	Mukosa Cavum nasi anterior dan Cellulae ethmoidales anteriores, kulit di Dorsum nasi
N. infratrochlearis	Berjalan ke Plica palpebronasalis ke arah inferior menuju Trochlea	Kulit Plica palpebronasalis

Cabang-cabang N.maxillaris [V/2] (khususnya somato-aferen)		
Cabang Utama	**Cabang Minor**	**Area Persarafan**
R. meningeus		Bagian-bagian meninges
N. zygomaticus	R. zygomaticotemporalis	Kulit Regio temporalis
	R. zygomaticofacialis	Kulit di daerah atas pipi; memberi persarafan sekretorik bagi Glandula lacrimalis, serabut parasimpatik pascaganglionik terkait dengan N. zygomaticus yang turut menunjang N. lacrimalis
Rr. ganglionares ad ganglion pterygopalatinum	(→ Tabel, di atas hal. 305)	Menyumbang persarafan sensorik bagi Ganglion pterygopalatinum, persarafan bagi Palatum dan Nasus (→ Tabel di atas hal. 305), serabut simpatik dan parasimpatik bagi Glandulae nasales et palatinae (visero-eferen spesifik) dan serabut pengecapan
N. infraorbitalis	Nn. alveolares superiores dengan Rr. alveolares superiores posteriores, medii et anteriores	Mukosa Sinus maxillaris, gigi-geligi rahang atas dan Gingiva terkait
		Kulit dan Conjunctiva kelopak mata atas, area kulit lateral di Ala nasi, kulit di area bibir atas dan pipi lateral di antara kelopak mata bawah dan bibir atas

N. trigeminus [V]

Cabang-cabang Rr. ganglionares ad ganglion pterypalatinum (dari V/2) [14]		
Cabang	**Perjalanan**	**Area Persarafan**
N. palatinus major	Berjalan melintasi Canalis palatinus major dan melalui Foramen palatinum majus	Mukosa Palatum durum, Glandulae palatinae, Caliculus gustatorius palatinus
Nn. palatini minores	Keluar dari Canalis palatinus major dan melalui Foramina palatina minora	Mukosa Palatum molle, Tonsilla palatina, Glandulae palatinae, Caliculus gustatorius palatinus
Rr. nasales posteriores superiores laterales et mediales	Keluar melalui Foramen sphenopalatinum ke dalam Cavum nasi dan keluar dari N. nasopalatinus yang mencapai Palatum durum melintasi Canalis incisivus	Mukosa Conchae nasales, Septum nasi, Mukosa Pars anterior palatum durum, gigi Incisivus atas dan Gingiva, Glandulae nasales

Cabang-cabang N. mandibularis [V/3] (somato-aferen dan visero-eferen)		
Cabang Utama	**Cabang Minor**	**Area Persarafan**
R. meningeus		Bagian-bagian Meninges
N. massetericus		M. masseter
Nn. temporales profundi		M. temporalis
N. pterygoideus lateralis		M. pterygoideus lateralis
N. pterygoideus medialis		M. pterygoideus medialis
N. musculi tensoris veli palatini		M. tensor veli palatini
N. musculi tensoris tympani		M. tensor tympani
N. buccalis		Kulit dan mukosa pipi serta gingiva rahang bawah
N. auriculotemporalis	Rr. parotidei	Serabut parasimpatik pascaganglionik bersangkutan yang berasal dari Ganglion oticum mempersarafi Glandula parotidea
	Rr. communicantes cum nervo faciali	Serabut parasimpatik pascaganglionik bersangkutan yang berasal dari Ganglion oticum mempersarafi Glandula parotidea
	N. meatus acustici externi	Meatus acusticus externus, Membrana tympanica
	Nn. auriculares anteriores	Kulit di sisi anterior Auricula
	Nn. temporales superficiales	Kulit di Regio temporalis posterior
N. lingualis	Rr. isthmi faucium	Mukosa Palatum molle
	N. sublingualis	Mukosa lantai mulut
		Persarafan sensorik bagi dua-pertiga anterior lidah, serabut pengecapan bagi dua-pertiga anterior lidah, kumpulan serabut parasimpatik praganglionik yang berasal dari Chorda tympani guna Ganglion submandibulare
N. alveolaris inferior		Gigi dan Gingiva rahang bawah
	N. mylohyoideus	M. mylohyoideus dan Venter anterior M. digastricus
	N. mentalis	Kulit dagu

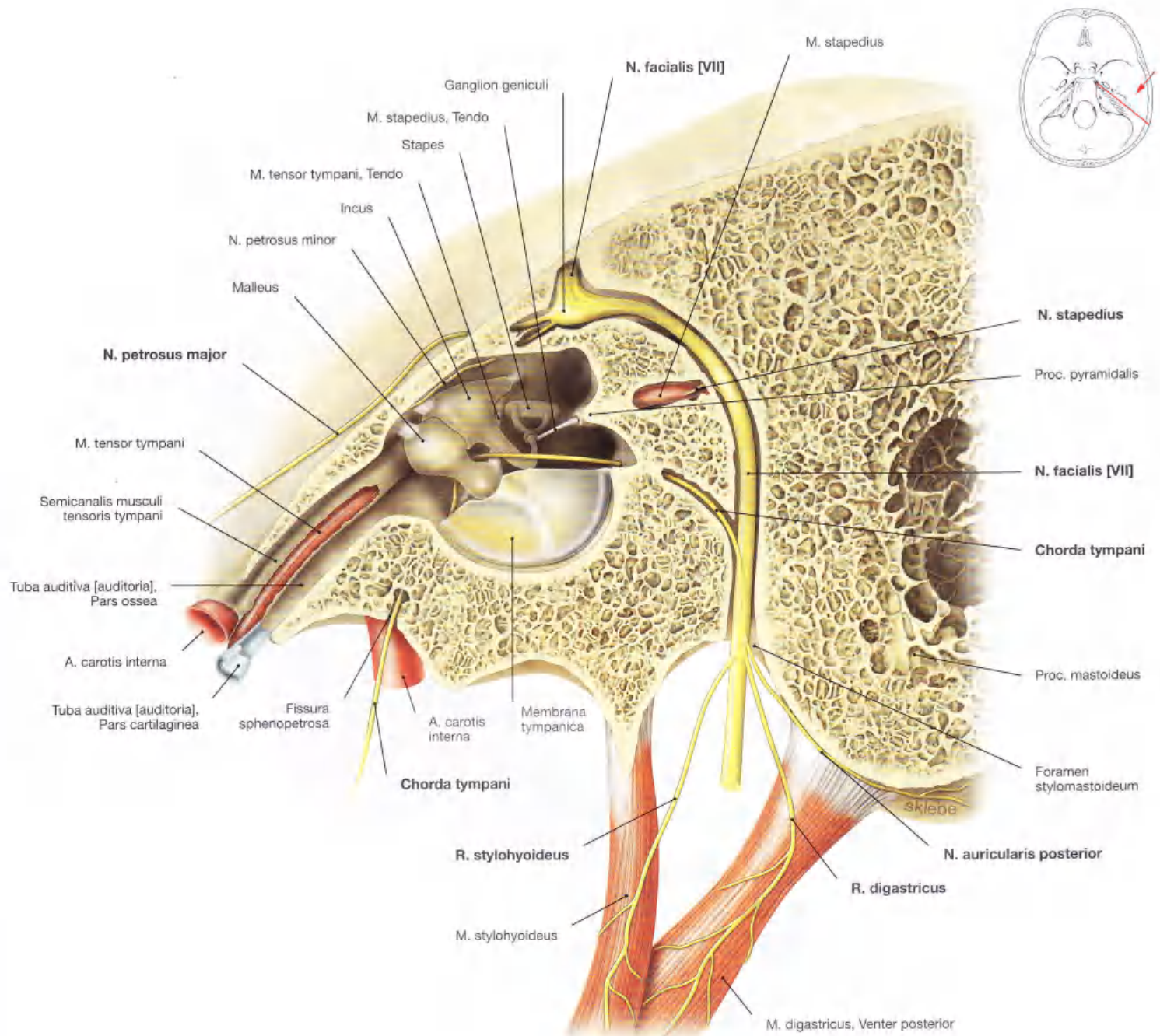
N. trigeminus [V]

Gambar 12.146 Area persarafan kulit wajah, titik keluar saraf, dan sensibilitas protopatik.
Di sisi kiri wajah, terlihat urutan somatotopik sensibilitas protopatik. Sisi kanan wajah memperlihatkan area persarafan dan titik keluar ketiga cabang N. trigeminus.

Catatan Klinis

Lesi N. trigeminus [V] sering kali berkaitan dengan defisiensi suplai darah; area yang terganggu lebih bersifat selektif atau parsial ketimbang seluruh N. trigeminus [V]. Sebagai contoh, lesi-lesi ini bisa bermanifestasi sebagai kelumpuhan ipsilateral otot-otot pengunyah atau eliminasi selektif kualitas sensor epikritik. Serabut aferen yang memiliki sensibilitas protopatik mencapai Nucleus spinalis nervi trigemini dalam urutan somatotopik (→ Gambar 12.146). Masing-masing segmen Nucleus spinalis nervi trigemini mempersarafi area konsentrik di kulit wajah. Untuk menilai perluasan lesi nuklear, Anda dapat memeriksa sensibilitas protopatik di **garis SOELDER** yang konsentrik.

Gambar 12.147 Zoster ophtalmicus. [16]
Penderita zoster ophtalmicus (kulit di area inervasi cabang N. trigeminus pertama dipengaruhi oleh infeksi virus varicella zoster, herpes zoster fasialis). Turut terkenanya epitel permukaan mata (Cornea dan Conjungtiva) khususnya berbahaya (risiko kebutaan) dan nyeri. Kemerahan di konjungtiva dan penyempitan kelopak mata jelas terlihat.

Catatan Klinis

Hilangnya sensibilitas di area persarafan cabang N. trigeminus menunjukkan **lesi perifer** saraf. Bagi N. ophthalmicus [V/1] dan N. maxillaris [V/2], penyebab potensialnya antara lain trombosis sinus kavernosus (→ hal. 233), tumor Basis cranii, dan fraktur tengkorak. Defisiensi sensorik di Regio mandibularis atau paralisis otot pengunyahan sering kali terjadi oleh sebab iatrogenik (prosedur medis terhadap gigi). **Neuralgia trigeminal** yang sering terjadi tetapi masih sulit dipahami bermanifestasi sebagai hipersensitivitas N. trigeminus [V] dan episode nyeri tusuk hebat yang timbul mendadak di area persarafan sensorik dari cabang N. trigeminus [V] yang terkena. Bahkan sentuhan ringan di tempat keluarnya cabang (→ Gambar 12.146) dapat memicu nyeri.
Infeksi cabang N. trigeminus pertama oleh virus varicella zoster (→ Gambar 12.147) dapat menyebabkan neuralgia N. ophthalmicus [V/1] pasca-zoster; Penyakit ini dinamakan **herpes zoster ophtalmicus**.

N. facialis [VII]

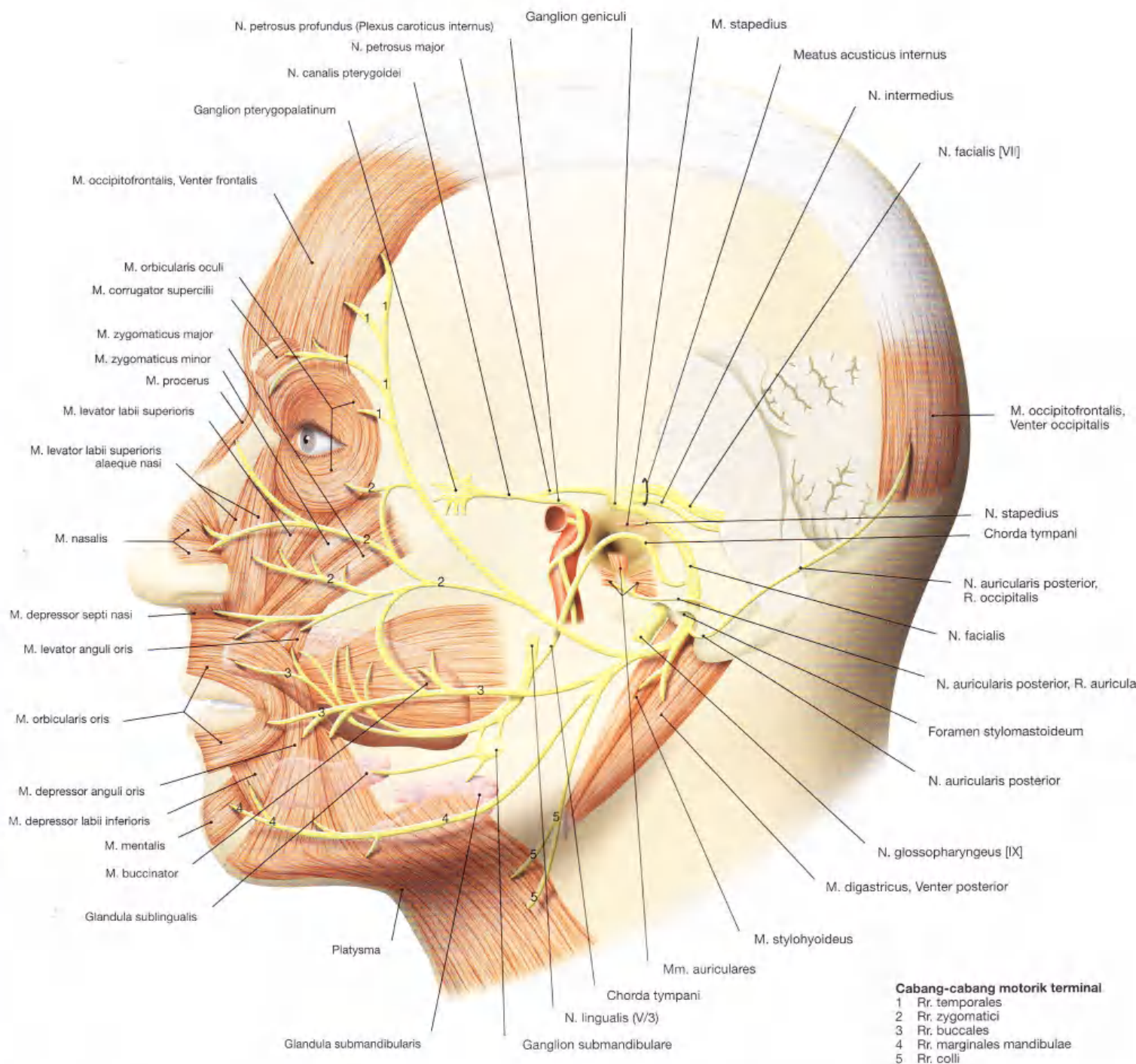
Gambar 12.148 Perjalanan N. facialis [VII]; potongan vertikal melintasi Canalis facialis; dilihat dari sisi kiri.

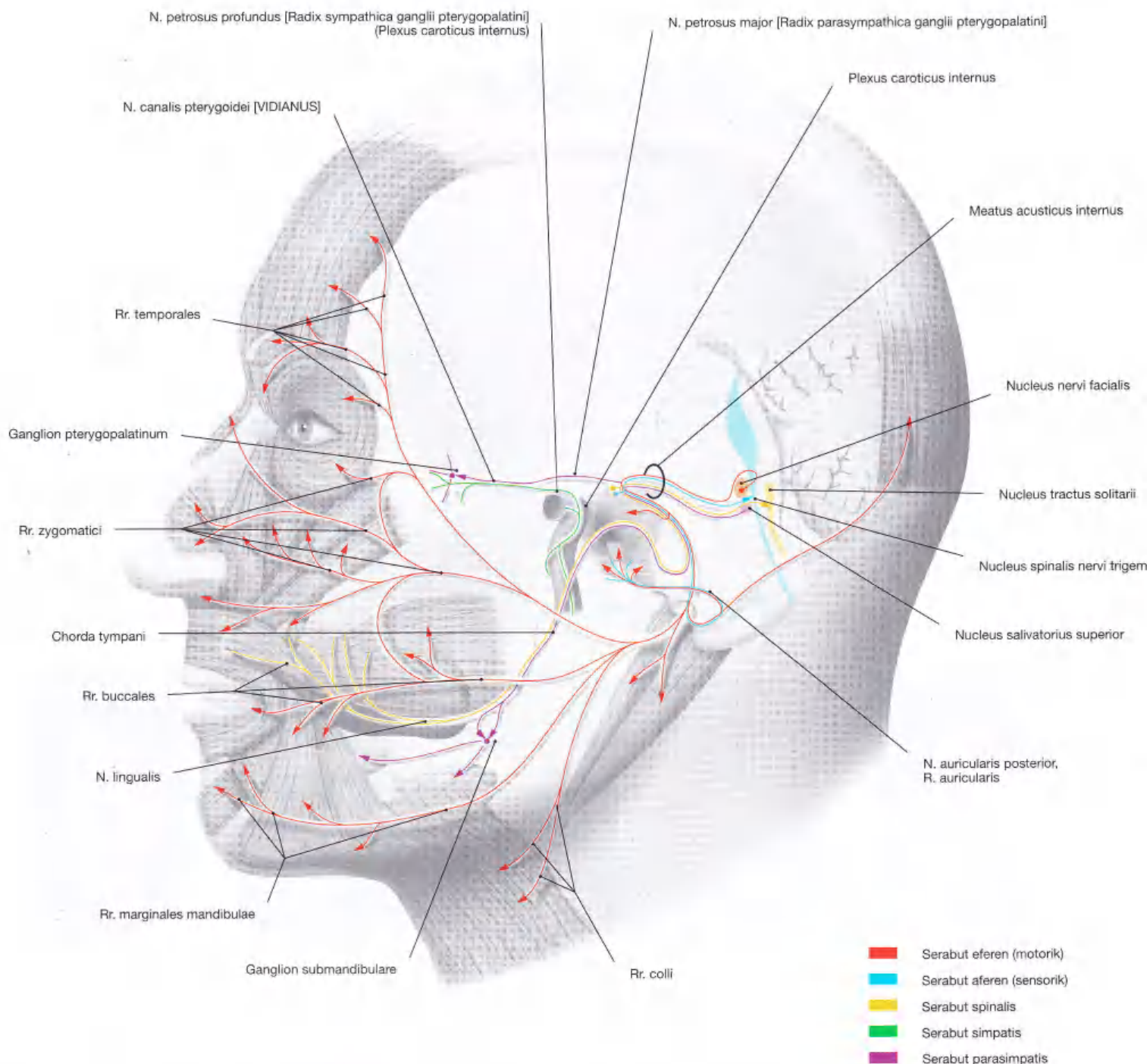
Sekitar 1 cm setelah N. facialis [VII] memasuki Pars petrosa ossis temporalis melalui Porus acusticus internus (tidak diperlihatkan di sini), saraf tersebut membelok tajam; dikenal sebagai genu eksternal N. facialis. Di tempat inilah terletak Ganglion geniculi. Cabang utama N. facialis berjalan di dalam saluran bertulang menuju Foramen stylomastoideum. Di sepanjang jalannya di dalam Os petrosum, N. facialis [VII] mempercabangkan Nn. petrosus major, stapedius et Chorda tympani (→ Tabel, hal. 310).

→ T bag

Catatan Klinis

Hubungan topografi yang erat antara Canalis facialis dan Cavum tympani membuat N.facialis [VII] berisiko tercederai dalam kasus fraktur Os petrosum, infeksi telinga tengah dan mastoid, serta intervensi bedah yang melibatkan telinga tengah dan dalam. Gejala tersebut bergantung kepada lokasi lesi. **Lesi yang terletak di dekat atau di anterior Ganglion geniculi** menyebabkan paralisis semua otot mimik wajah. Lebih lanjut, M. stapedius juga mengalami paralisis (hiperakusis) dan gangguan gustatorik, penurunan produksi air mata serta penurunan sekresi saliva dan hidung.
Bila **lesi terletak di bawah titik percabangan N. stapedius**, terjadi paralisis otot-otot mimik wajah dan serabut Chorda tympani yang mengurusi sekresi pengecapan dan kelenjar turut terganggu. Cedera tersendiri terhadap Chorda tympani mungkin saja terjadi akibat infeksi telinga tengah (→ hal. 147) atau prosedur bedah di telinga tengah dan dalam karena Chorda tympani tidak terlindungi dalam perjalanannya di antara Malleus dan Incus di Cavitas tympani telinga tengah.
Masalah terbesar bagi penderita lumpuh N. facialis perifer adalah **lagophtalmos** (akibat paralisis M. orbicularis oculi, mata tidak bisa dipejamkan sempurna; → Gambar 12.151c), sehingga kornea menjadi kering (buta akibat mata tidak bisa mengedip, sehingga produksi cairan lakrimal pun berkurang).

N. facialis [VII]

Gambar 12.149 N. facialis [VII], sisi kiri; dilihat dari lateral.
N. facialis [VII], N. intermedius [bagian dari N.facialis [VII] tetapi sering kali dilihat sebagai satu saraf tersendiri), dan N. vestibulocochlearis [VIII] bersama-sama keluar dari Angulus pontocerebellaris. Segera setelah itu, N. intermedius dan N. facialis [VII] bersatu. N. facialis [VII] dan N. vestibulocochlearis [VIII] mengarah ke Pars petrosa ossis temporalis dan memasuki tulang itu melalui Porus dan Meatus acusticus internus. Setelah memberi percabangan Nn. cochlearis et vestibularis, N. facialis [VII] memasuki Canalis facialis (juga pada Gambar 12.153). Di tempat ini, N. facialis membelok ke arah posteroinferior hampir tegak lurus (genu eksternal N. facialis; → Gambar 12.148). Ganglion geniculi terletak tepat sebelum di tempat membeloknya N. facialis. Sepanjang perjalanannya di dalam Canalis facialis, N. cranialis ini memberi sejumlah percabangan (→ Tabel, hal. 310). Setelah keluar dari Basis cranii melalui Foramen stylomastoideum, N. facialis membelok ke rostral, memberi beberapa percabangan, lalu memasuki Glandula parotidea. Di tempat ini, saraf tersebut terbagi menjadi cabang-cabang motorik terminalnya (Plexus intraparotideus; → Tabel, hal. 310).

→ T 58g

N. facialis [VII]

Gambar 12.150 Kualitas serabut N. facialis [VII], sisi kiri; dilihat dari lateral.

N. facialis [VII] adalah saraf yang berasal dari Arcus pharyngeus secundus dan memiliki beberapa kualitas serabut.

Serabut motoriknya (visero-eferen spesifik, VES) berasal dari **Nucleus nervi facialis.** Serabut-serabut ini berjalan di sekeliling Nucleus nervi abducentis dalam lengkung posterior (genu internal N. facialis). Bagian atas nukleus tersebut mengandung neuron-neuron guna mempersarafi otot-otot mimik di dahi dan bagian luar Orbita, sementara bagian bawah nukleus mengandung neuron-neuron yang mempersarafi semua otot mimik yang terletak di bawah mata. Bagian atas nuklear menerima persarafan ganda dari kedua Hemispherium kortikal (→ Gambar 12.152). Dengan demikian, bagian nuklear tersebut menerima serabut kortikonuklear dari sisi ipsilateral dan kontralateral. Sebaliknya, bagian bawah nuklear Nucleus nervi facialis secara eksklusif menerima serabut kortikonuklear dari sisi kontralateral.

Serabut parasimpatik praganglionik berasal dari **Nucleus salivatorius superior** (visero-eferen umum, VEU). Serabut ini berjalan bersama Pars intermedius melintasi N. facialis [VII], berjalan melalui N. petrosus major menuju Ganglion pterygopalatinum atau terkait dengan Chorda tympani dan mencapai Ganglion submandibulare melalui N. lingualis (dari V/3). Persinapsan menuju serabut pascaganglionik terjadi di dalam ganglion ini. **Serabut pascaganglionik** ini menuju Glandulae lacrimalis, nasalis et palatinae, dan ke dalam Glandulae sublingualis et submandibularis (→ N. trigeminus [V], hal. 302).

Serabut visero-aferen spesifik (VAS) yang mengurusi persepsi pengecapan di duapertiga anterior lidah menuju ke dalam bagian atas **Nucleus tractus solitarii**. Serabut-serabut ini mencapai N. facialis [VII] melalui N. lingualis dan Chorda tympani dan kemudian masuk Truncus encephali. Serabut somato-aferen umum (SAU) yang berasal dari dinding posterior Meatus acusticus externus dan sebagian dari belakang telinga, Auricula, dan Membrana tympanica bergabung dengan N. vagus [X] (R. communicans nervi vagi) dalam jarak pendek. Akan tetapi, serabut SAU ini berpisah dari N. vagus saat masih berada di dalam Pars petrosa dan berhubungan dengan N. facialis [VII]. Perikarya kedua serabut SAU dan serabut gustatorik terletak di dalam Ganglion geniculi. Keduanya mencapai Nucleus spinalis nervi trigemini melalui Pars intermedius N. facialis [VII].

N. facialis [VII]

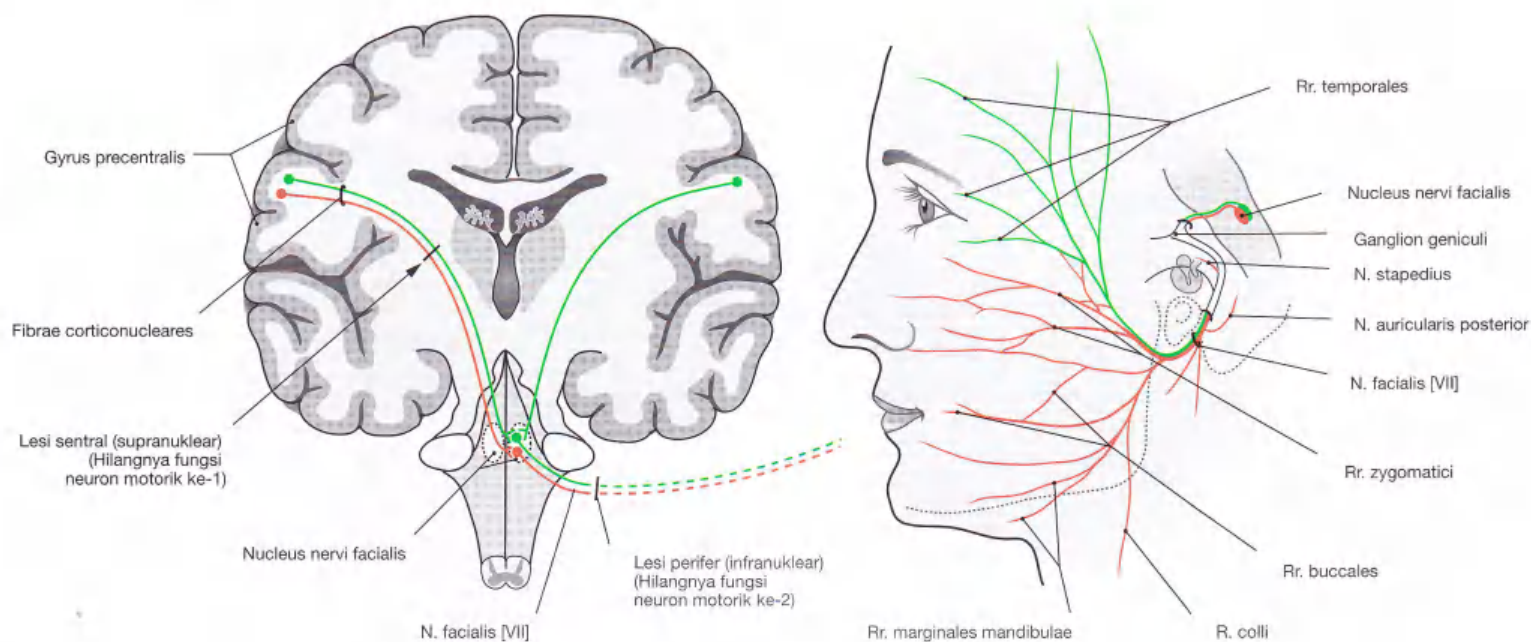
Cabang-cabang N. facialis [VII] [28]

Cabang	Perjalanan	Area Persarafan
N. petrosus major [Radix parasympathica pterygopalatini]	Keluar dari N. facialis di Genu eksternal N. facialis [VII] dan berjalan melintasi Canalis nervi petrosi majoris ke dalam Fossa cranii media; berjalan melintasi Foramen lacerum guna memasuki Canalis pterygoideus. Di tempat ini, saraf ini membentuk N. canalis pterygoidei bersama dengan N. petrosus profundus simpatik, yang kemudian menuju ke Ganglion pterygopalatinum (sinaps serabut parasimpatik)	**VEU** (melalui percabangan N. maxillaris [V/2]: Glandulae lacrimalis, nasales, palatinae, pharyngeales **VAS** (melalui percabangan N. mandibularis [V/3]: jonjot pengecapan di Palatum.
N. stapedius	Keluar di bagian bawah Canalis facialis	**VES**: M. stapedius
Chorda tympani	Segera sebelum mencapai ujung distal Canalis facialis, Chorda tympani berjalan ke arah retrograd melalui salurannya sendiri yang bertulang guna memasuki Cavitas tympani; saraf ini kemudian akan melintas dengan bebas di antara Manubrium mallei dan Crus longum incus di belakang Membrana tympanica; setelah melintas melalui Fissura petrotympanica, saraf ini bergabung bersama N. lingualis (dari V/3)	**VEU** (melalui N. lingualis, bersinaps di Ganglion submandibulare): Glandulae submandibularis et sublingualis **VAS** (melalui N. lingualis): duapertiga anterior lidah
N. auricularis posterior	Bercabang segera setelah keluar dari Canalis facialis	VES: M. occipitofrontalis, otot-otot telinga luar
R. digastricus dan R. stylohyoideus	Cabang-cabang kecil menuju otot	VES: M. digastricus, Venter posterior, M. stylohyoideus
Plexus intraparotideus	Bercabang dengan serabut motorik menuju otot-otot mimik, membagi Glandula parotidea menjadi Pars temporofacialis dan Pars cervicofacialis; cabang-cabang motorik ini terbagi menjadi lima cabang terminal: Rr. temporales, Rr. zygomatici, Rr. buccales, Rr. marginales mandibulae, R. colli (atau Rr. colli, → Gambar 8.81)	VES: otot-otot mimik, termasuk M. buccinator dan platysma

a
b
c
d
e

Gambar 12.51a hingga e Paralisis N. facialis perifer [VII], sisi kanan.
a Status pasien ketika masuk perawatan. Lipatan kulit di sisi kanan wajah menghilang.
b Ketika pasien diminta menaikkan alisnya, hanya sisi kiri dahi yang memperlihatkan kerutan (paralisis M. occipitofrontalis, bukti adanya kelumpuhan N. facialis perifer).
c Ketika pasien diminta memejamkan mata, perintah ini tidak dapat dikerjakan di sisi mata yang mengalami gangguan N. facialis (lagoftalmos). Ketika kelopak matanya dipejamkan, bola mata secara otomatis berputar ke atas. Karena mata tidak dipejamkan dengan sempurna, sklera mata menjadi terlihat di sisi yang terkena kelumpuhan wajah (fenomena BELL).
d Ketika seorang pasien diminta mengerutkan hidungnya, hal ini mustahil dikerjakan di sisi kanan wajah.
e Ketika pasien diminta bersiul, tidak ada suara yang dihasilkan tetapi udara keluar dari sisi yang terganggu.

Catatan Klinis

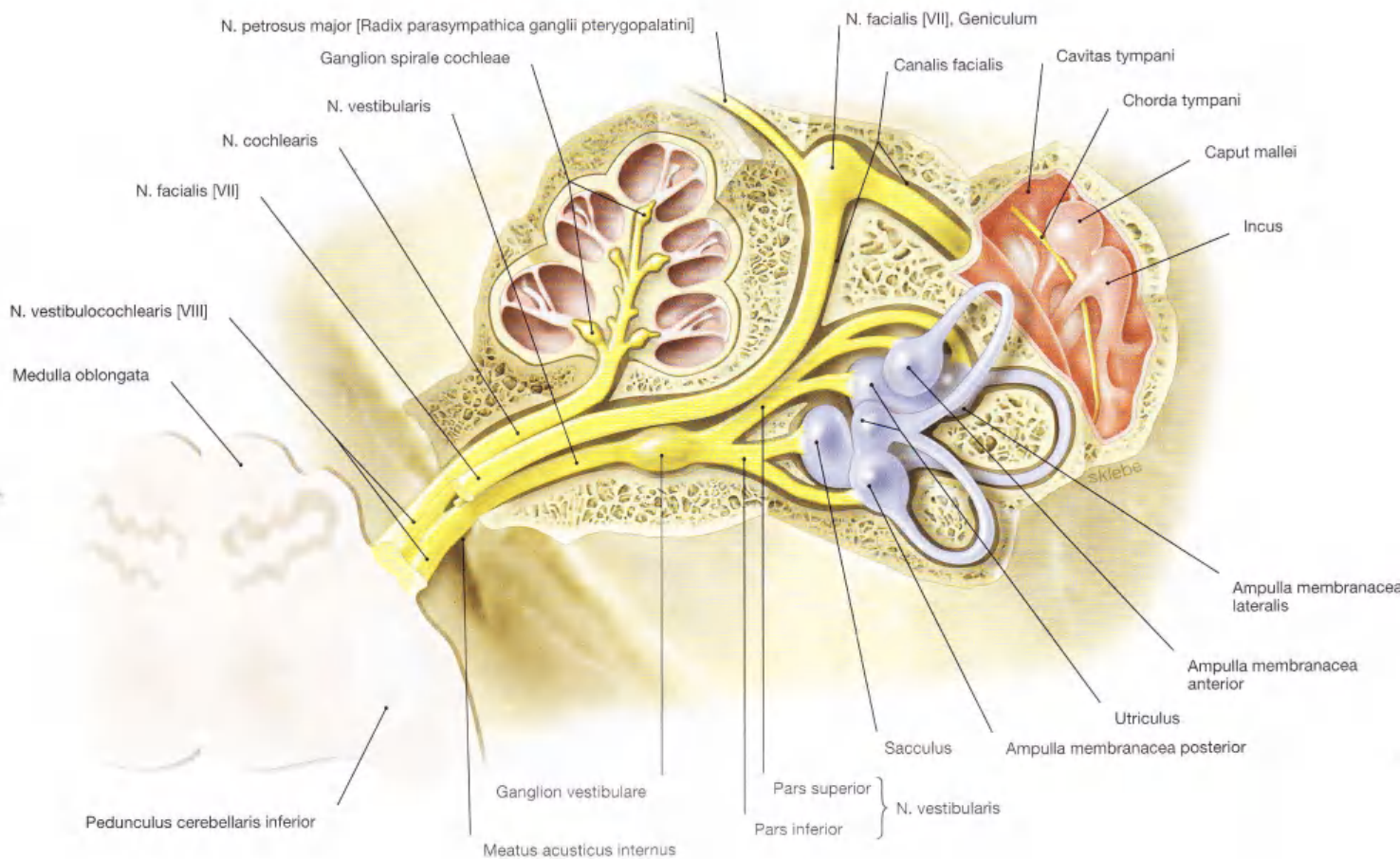
Kelumpuhan wajah di sentral (dinamai pula kelumpuhan wajah bagian bawah) disebabkan oleh lesi supranuklear (lesi serabut kortikonuklear, misalnya, akibat infark Capsula interna). Berbeda dengan lesi infranuklear dan akibat persarafan bilateral terhadap otot-otot mimik di mata dan dahi, hanya bagian bawah dan kontralateral wajah yang memperlihatkan defek motorik (→ Gambar 12.152).
Lesi infranuklear (inferior Nucleus facialis), misalnya disebabkan oleh tumor parotid ganas, menyebabkan paralisis semua cabang motorik N. facialis [VII] di sisi yang terkena gangguan (**kelumpuhan wajah perifer**).
Neuroma akustikus (→ hal. 313) berasal dari sel SCHWANN N. vestibulocochlearis [VIII] atau N. facialis [VII]. Cepat atau lambat, tumor jinak yang lambat bertumbuh ini akan menggeser dan mencederai kedua saraf tersebut. Hasil uji kelumpuhan wajah perifer dan semua uji topodiagnostik (→ hal. 311) negatif. Diagnosis dipastikan lewat MRI atau CT.

Gambar 12.152 Hubungan kortikonuklear dan perjalanan N. facialis [VII] di perifer. (menurut [2])
Di sisi kiri, hubungan-hubungan sentral menuju Nucleus nervi facialis terlihat dalam skema sederhana. Jaras kortikonuklear yang pergi menuju ke bagian atas nukleus (untuk Rr. temporales; hijau) berasal dari kedua Hemispherium. Bagian bawah nukleus tersebut (untuk Rr. zygomatici, buccales, marginales mandibulae, dan R. colli) terhubung secara eksklusif dengan Hemispherium kontralateral (merah).
Di sisi kanan, tampak serabut eferen perifer (VES) yang berasal dari bagian atas dan bawah Nucleus nervi facialis.

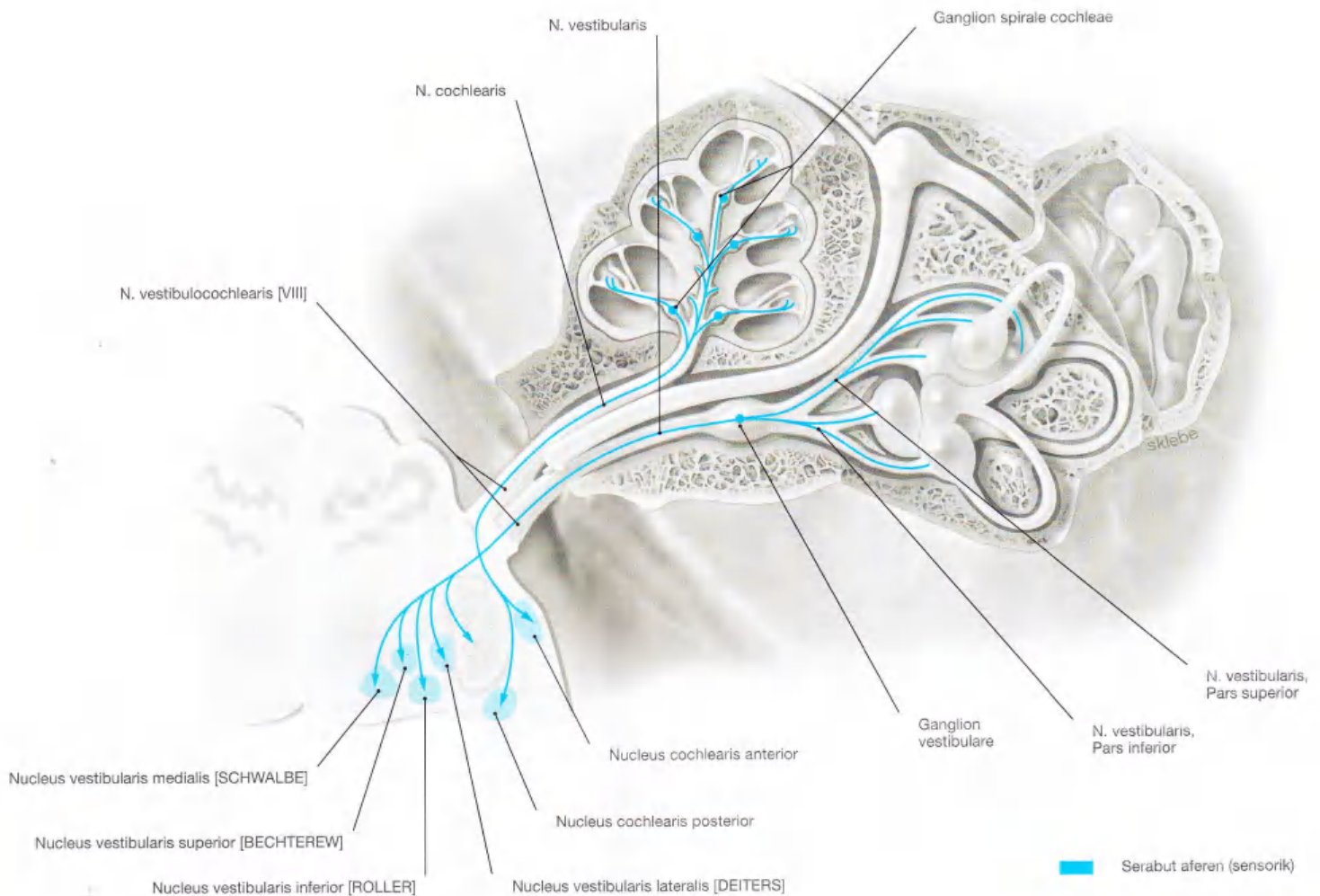
Catatan Klinis

Penentuan Lokasi Lesi pada Kelumpuhan Wajah Perifer
Dengan kemajuan prosedur pencitraan modern yang beresolusi tinggi, makna prosedur topodiagnostik klasik menjadi berkurang karena pemeriksaan tersebut tidak spesifik dan memiliki makna prognostik yang rendah ketika dibandingkan dengan prosedur elektrodiagnostik. Akan tetapi, uji individu memiliki relevansi klinis.

- Uji SCHIRMER memberi informasi mengenai produksi normal cairan lakrimal (→ Gambar 9.27).
- Uji refleks stapedius menentukan fungsi N. stapedius.
- Gustometri (uji persepsi pengecapan) menilai fungsionalitas dan keutuhan Chorda tympani.
- Uji eksitabilitas saraf memungkinkan dilakukannya perangsangan otot-otot mimik dengan listrik.
- Perbedaan antara kecepatan konduksi potensi listrik di sisi sehat dan sakit ditentukan dengan elektroneurografi.

Lokasi Lesi	Prosedur Topodiagnostik	Penyebab Lesi
Di inferior area nuklear di dalam Truncus encephali	MRI, CT, uji SCHIRMER (uji fungsional bagi kelenjar lakrimal)	Contoh, neurinoma akustikus
Setelah N. petrosus major dipercabangkan	Uji refleks stapedius	Contoh, otitis media
Setelah Chorda tympani keluar dipercabangkan	Gustometri (uji persepsi pengecapan)	Contoh, otitis media
Setelah berjalan melintasi Foramen stylomastoideum	Uji fungsi motorik wajah	Contoh, tumor parotid maligna

N. vestibulocochlearis [VIII]

Gambar 12.153 N. vestibulocochlearis [VIII], berjalan di dalam Pars petrosa ossis temporalis; dilihat dari atas; Pars petrosa telah dibuka. **N. cochlearis** tersusun atas serabut-serabut saraf yang dihasilkan di dalam organ CORTI cochlea. Perikarya serabut-serabut ini terletak di dalam Ganglion spirale cochleae di dalam modiolus (neuron bipolar) dan akson sentralnya membentuk N. cochlearis. Organ vestibular juga mengandung neuron bipolar. Seperti neuron cochlear, organ ini menerima asupan sensorik dari sel rambut. Perikaryanya berada di dalam Ganglion vestibulare yang terletak di lantai Meatus acusticus internus. Proyeksi neuronnya ke arah sentral membentuk **N. vestibularis.** Saraf tersebut bergabung dengan N. cochlearis dan membentuk N. vestibulocochlearis [VIII] (secara klinis sering kali disebut sebagai N. statoacusticus) di Meatus acusticus internus dan memasuki Truncus encephali di Angulus pontocerebellaris. Terlihat pula perjalanan N. facialis [VII] di dalam Meatus acusticus internus dan Canalis facialis. Selain itu, terlihat pula Ganglion geniculi, pemisahan N. petrosus major dan perjalanan N. facialis [VII] di dalam Cavum tympani. Chorda tympani berjalan di antara Malleus dan Incus.

→ T 58h

Gambar 12.154 Kualitas serabut N. vestibulocochlearis [VIII]; dilihat dari atas; Pars petrosa ossis temporalis telah dibuka.
Sel rambut dalam organ CORTI dan sel rambut dalam Canalis semicircularis serta Utriculus dan Sacculus di dalam Aparatus vertibularis menyampaikan informasi sensorik ke serabut neuron somato-aferen spesifik (SAS). Serabut-serabut ini menyusun proyeksi periferal neuron bipolar (neuron ke-1 dalam jaras vestibular dan auditorik sentral). Perikarya neuron-neuron bipolar ini masing-masing bertempat di dalam Ganglion spirale cochleae dan Ganglion vestibulare.

Proyeksi sentral Ganglion spirale bersatu untuk membentuk **N. cochlearis**, berjalan melintasi Meatus acusticus internus, dan mencapai Truncus encephali melalui Angulus pontocerebellaris. Di tempat ini, mereka terhubung dengan Nuclei cochleares anterior et posterior. **Proyeksi sentral neuron ke-1 dalam jaras vestibular** (SAS) membentuk **N. vestibularis** dan juga melintas melalui Angulus pontocerebellaris ke dalam Medulla oblongata. Di tempat ini, saraf tersebut berproyeksi ke Nuclei vestibulares medialis (SCHWALBE), superior (BECHTEREW), inferior (ROLLER), dan lateralis (DEITERS).

Catatan Klinis

Penurunan kemampuan mendengar secara mendadak, tinnitus, gangguan keseimbangan, dan vertigo bisa menjadi tanda-tanda awal **neurinoma akustikus**. Penyakit ini merupakan tumor jinak yang tersusun atas jaringan penyambung dan neuronal. Pada kebanyakan kasus, tumor berasal dari sel SCHWANN di Pars vestibularis N. vestibulocochlearis [VIII] (**schwannoma vestibular**) dan terletak di Angulus pontocerebellaris atau Meatus acusticus internus. Pada 5% kasus, neurinoma akustikus terjadi secara bilateral. Karena berjalan bersama N. facialis [VII], dapat terjadi kelumpuhan N. facialis perifer.

N. glossopharyngeus [IX]

Plexus tympanicus
Cavitas tympani
N. caroticotympanicus (Plexus caroticus internus)
N. petrosus profundus [Radix sympathica ganglii pterygopalatini]
N. petrosus minor
N. auriculotemporalis
N. mandibularis [V/3]
Ganglion oticum
Glandula parotidea
R. tubarius (Plexus tympanicus)
Tuba auditiva [auditoria]
M. constrictor pharyngis superior
Ostium pharyngeum
M. stylopharyngeus
Rr. pharyngealis
M. constrictor pharyngis medius
Plexus pharyngeus
Rr. tonsillares
Rr. pharyngeales
A. carotis externa
Glomus caroticum
A. carotis communis
Sinus caroticus
A. carotis interna
Truncus sympathicus
N. vagus [X], R. pharyngealis
R. sinus carotici
Rr. linguales
Rr. musculi stylopharyngei
Ganglion cervicale superius
N. vagus [X]
N. glossopharyngeus [IX]
Ganglion inferius
N. tympanicus [JACOBSON]
R. communicans cum ramo auriculari nervi vagi
Foramen jugulare
Ganglion superius
N. glossopharyngeus [IX]

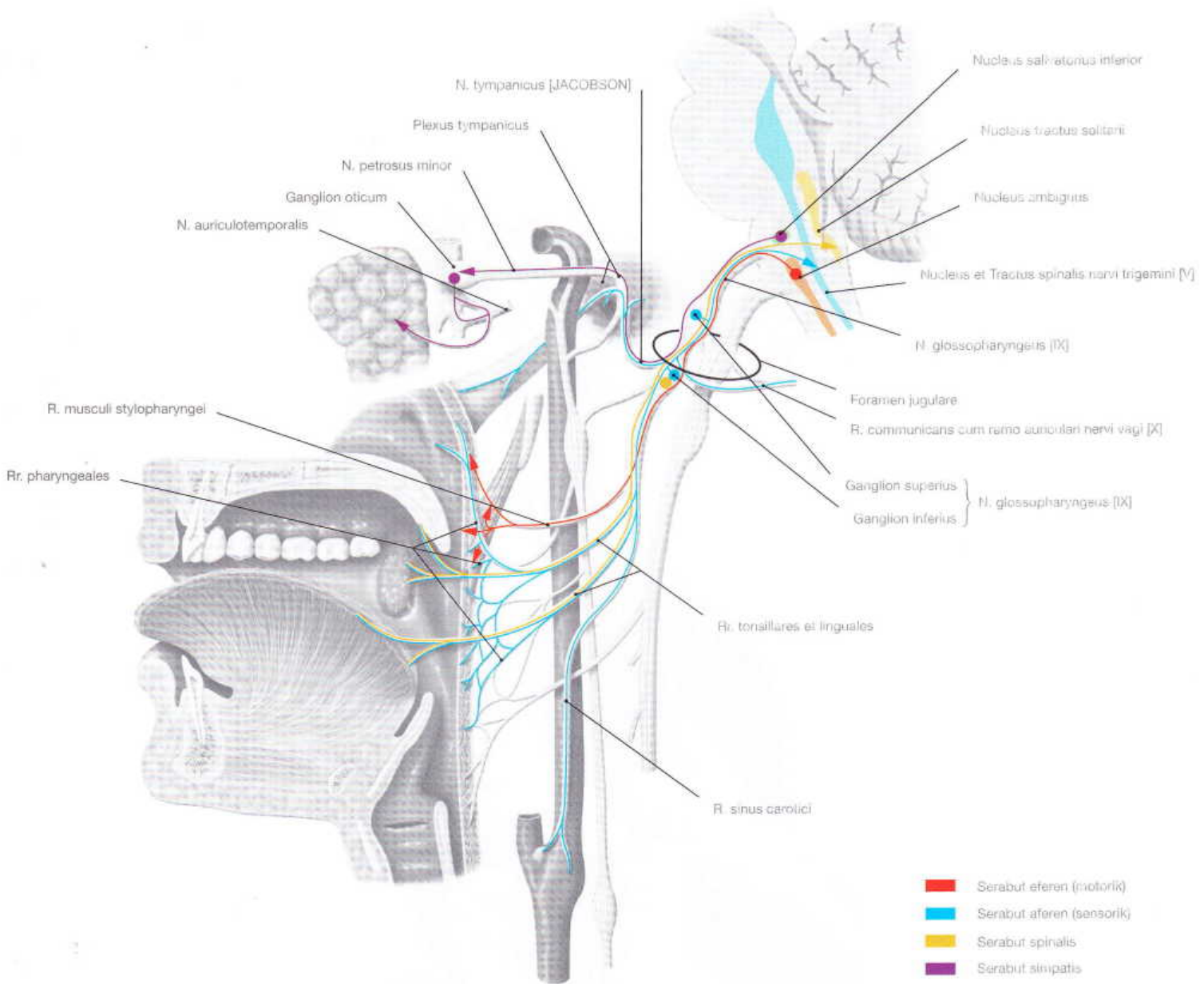
Gambar 12.155 N. glossopharyngeus [IX]; skema potongan median; dilihat dari sisi kiri.

N. glossopharyngeus [IX], N. vagus [X], dan N. accessorius [XI] keluar dari Truncus encephali di Sulcus retroolivaris dan berjalan melintasi Foramen jugulare di Basis cranii. Di dalam foramen, terdapat ganglion yang lebih kecil dari 2 ganglia yang ada, yakni Ganglion superius, diikuti segera oleh Ganglion inferius di kaudal. Setelah berjalan melintasi Basis cranii, N. glossopharyngeus [IX] berjalan ke arah kaudal di antara V. jugularis interna dan A. carotis interna serta, dengan cara melengkung ke depan dan berjalan di antara Mm. stylopharyngeus et styloglossus, memasuki Radix linguae. Dalam perjalanannya, dipercabangkan **N. tympanicus** dan berproyeksi ke Cavum tympani. Di tempat ini, N. tympanicus terbagi menjadi Plexus tympanicus di dalam mukosa dan keluar dari Cavum tympani sebagai N. petrosus minor. **N. petrosus minor** berjalan paralel dengan N. petrosus major di sisi anterior Os petrosum dan berjalan melalui Foramen lacerum menuju Ganglion oticum. Serabut-serabut N. glossopharyngeus [IX] yang berjalan melalui ganglion ini mempersarafi Glandula parotidea.

Cabang-cabang tambahan meliputi R. musculi stylopharyngei yang menuju M. stylopharyngeus dan Rr. pharyngeales yang menuju Mm. constrictor pharyngis superior, palatoglossus, et palatopharyngeus serta serabut-serabut sensorik yang menuju mukosa faring dan Glandulae pharyngeales.

Bersama dengan Truncus sympathicus dan N. vagus [X], serabut-serabut tambahan menghasilkan **Plexus pharyngeus** yang mempersarafi Mm. constrictor pharyngis inferior, levator veli palatini, dan uvulae.

Rr. tonsillares memberi serabut sensorik bagi Tonsilla palatina dan mukosa Isthmus faucium, Rr. linguales mengandung serabut-serabut gustatorik (pengecapan) bagi sepertiga posterior lidah. R. sinus carotici menyampaikan asupan sensorik dari mekano- dan kemoreseptor di Sinus caroticus dan Glomus caroticum di Truncus encephali.

N. glossopharyngeus [IX]

Gambar 12.156 Kualitas serabut N. glossopharyngeus [IX]; skema potongan median, dilihat dari sisi kiri.

Serabut **motorik** (VES) N. glossopharyngeus [IX] yang berasal dari Nucleus ambiguus dan dari N. vagus [X] (juga dari Nucleus ambiguus, VES) bersama-sama mempersarafi otot-otot Palatum molle.

Serabut **parasimpatik** (VEU) dari Nucleus salivatorius inferior berproyeksi ke Ganglion oticum melalui N. tympanicus, Plexus tympanicus dan N. petrosus minor. Di dalam Ganglion oticum, serabut praganglionik bersinaps dengan neuron pascaganglionik. Serabut pascaganglionik bergabung dengan N. auriculotemporalis (dari V/3) dan N. facialis [VII] guna mencapai Glandula parotidea. Serabut parasimpatik tambahan (VEU) mencapai Glandulae pharyngeales.

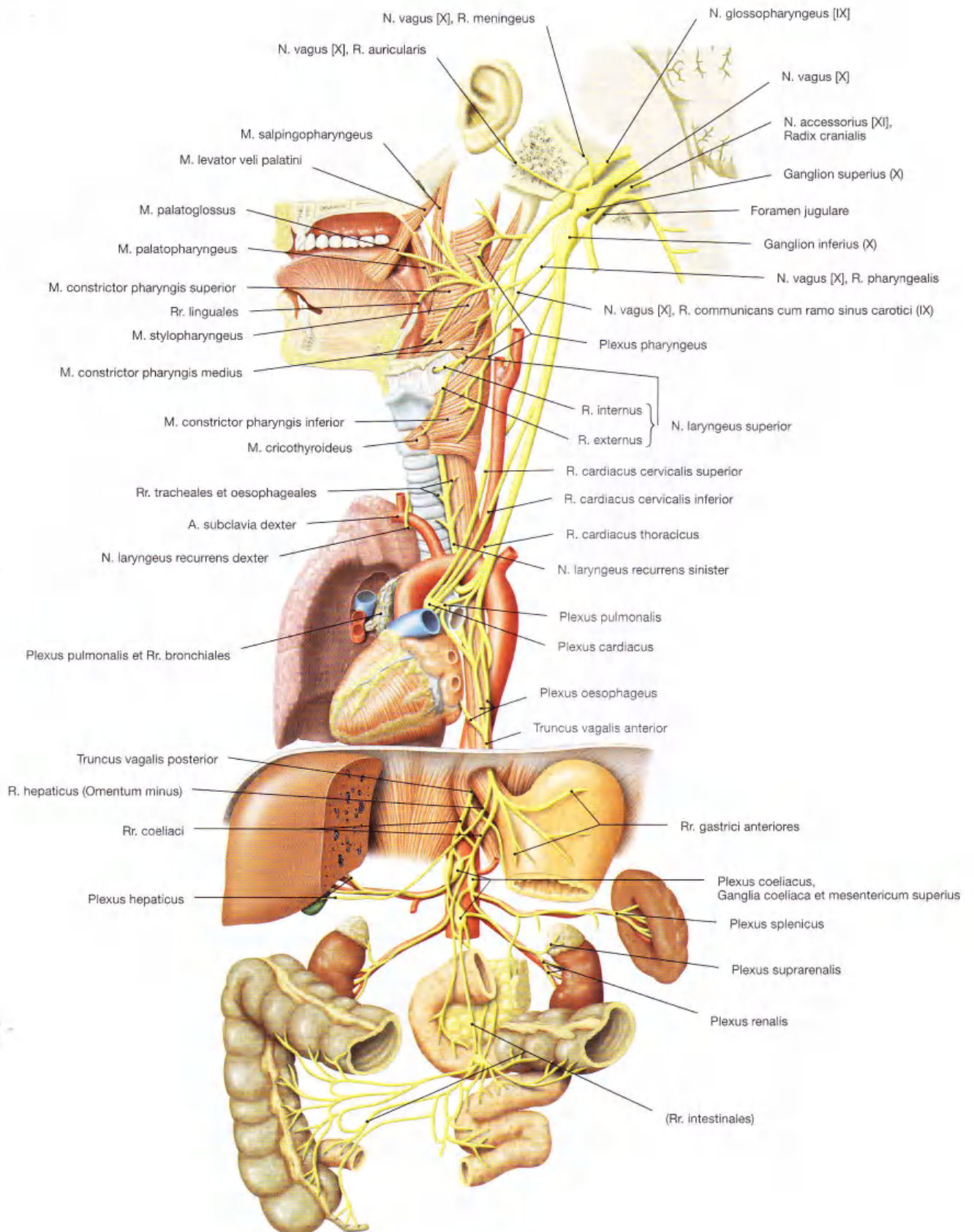
Berbagai serabut **somato-aferen umum** (SAU) yang berproyeksi ke Nucleus spinalis nervi trigemini berasal dari Cavum tympani, mukosa faring, dan sepertiga posterior lidah.

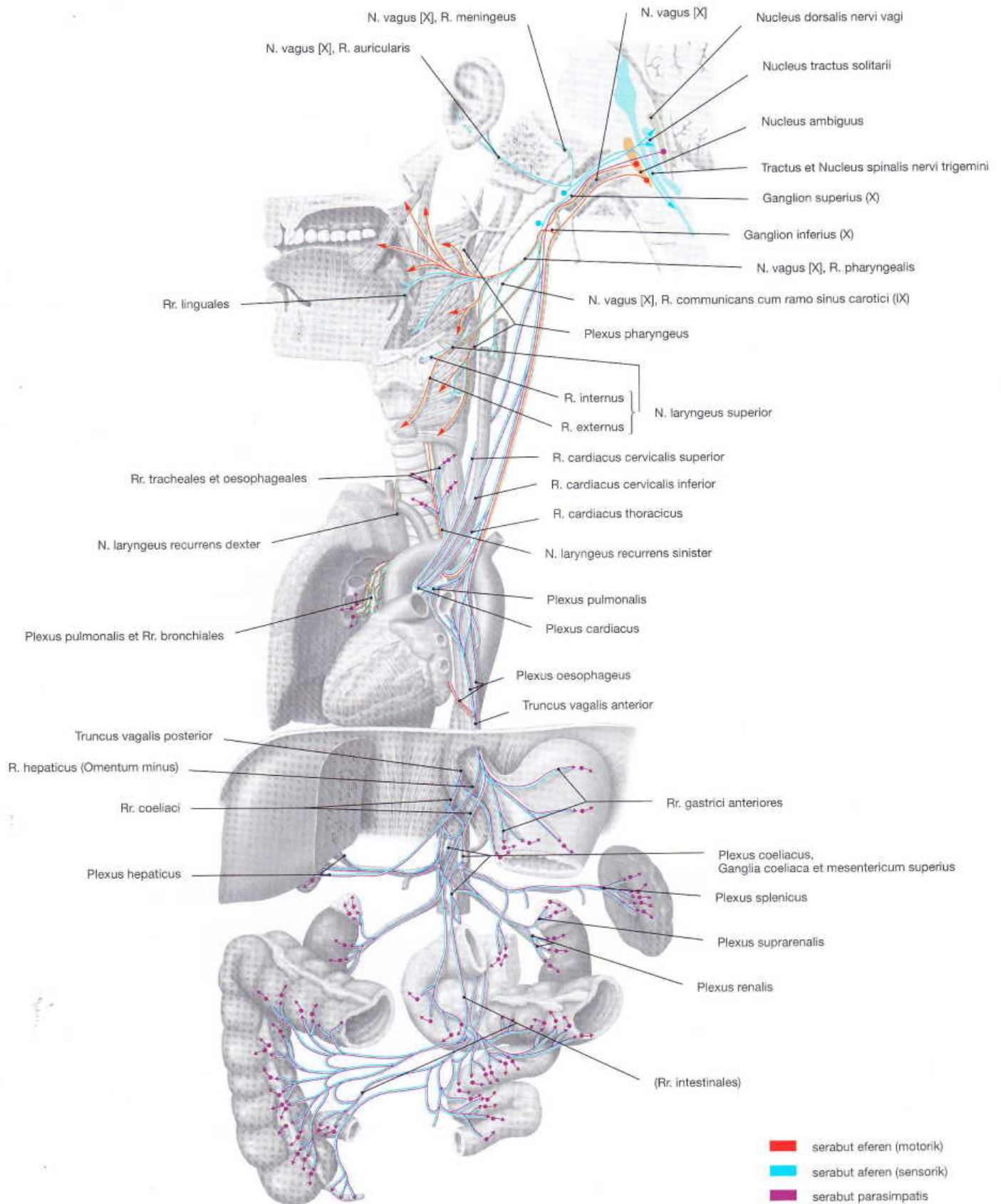
Serabut **visero-aferen umum** (VAU) menyampaikan input sensorik mekanoreseptor yang terdapat di dalam Sinus caroticus (menentukan tekanan darah) dan kemoreseptor yang terdapat di dalam Glomus caroticus (mengukur tekanan parsial O2 dan CO2 dan pH darah). Truncus encephali mengintegrasi input sensorik ini dan mencetuskan perubahan refleksif di dalam frekuensi napas dan tekanan darah pusat.

Serabut visero-aferen spesifik (VAS) membawa sensasi pengecapan ke Nucleus dan Tractus solitarius sepertiga posterior lidah.

Catatan Klinis

Lesi N. glossopharyngeus [IX] menyebabkan kesulitan menelan (paralisis M. constrictor pharyngis superior, kegagalan dalam membentuk rigi PASSAVANT), deviasi Uvula ke sisi sehat (paralisis Mm. levator veli palatini, palatoglossus, palatopharyngeus, uvulae), gangguan sensibilitas di daerah faring (hilangnya refleks muntah), hilangnya sensasi pengecapan di sepertiga posterior lidah, serta gangguan sekresi Glandula parotidea. Pada kebanyakan kasus, cedera N. glossopharyngeus [IX] tidak timbul sendiri. Sering kali, fraktur, aneurisma, tumor, dan trombosis pembuluh darah cerebral yang memasok Encephalon di Regio Foramen jugulare juga mengganggu N. vagus [X] dan N. accessorius [XI].

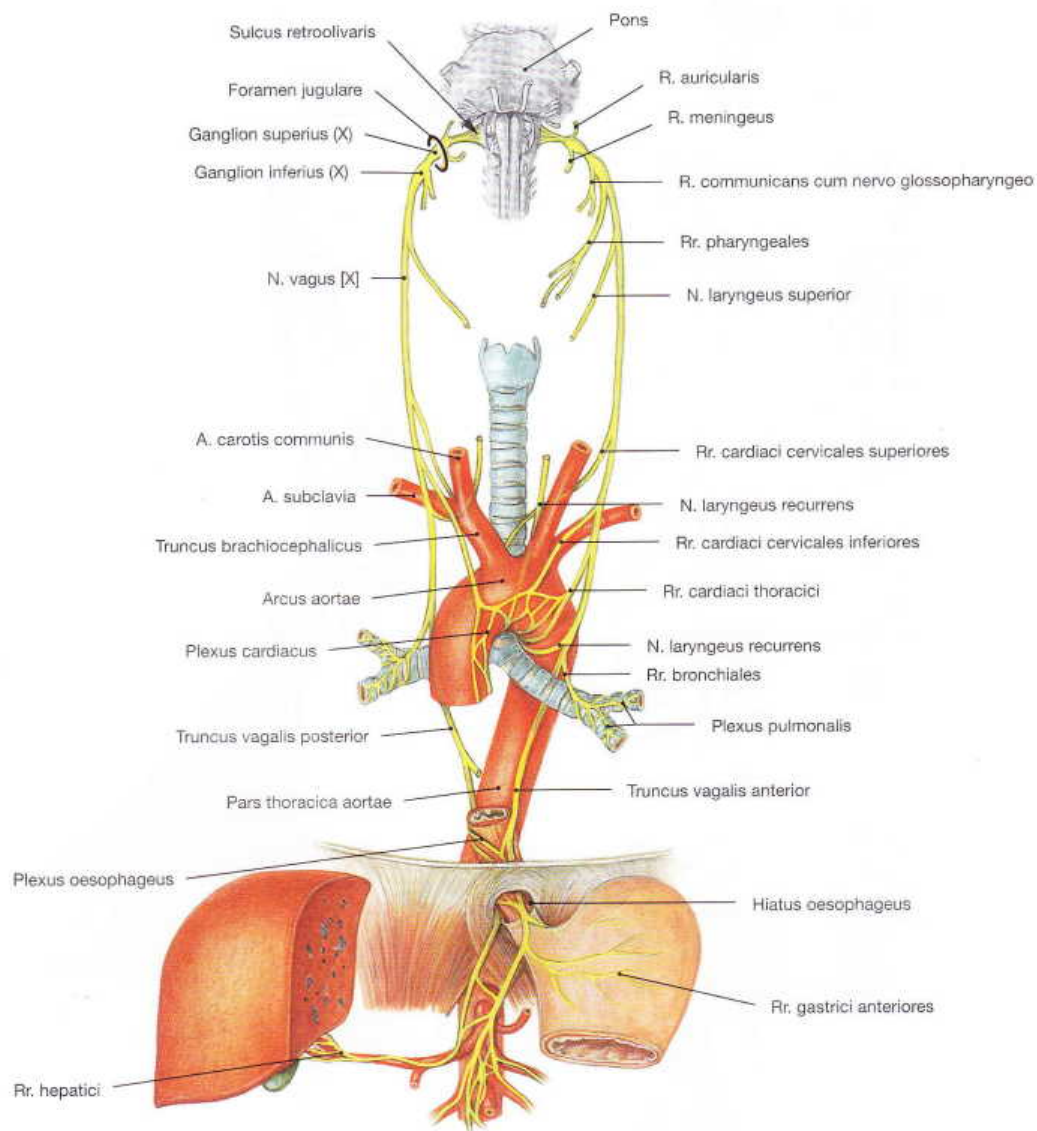
N. vagus [X]

Gambar 12.157 N. vagus [X]; skema potongan median di daerah kepala.
Untuk melihat secara rinci perjalanan N. vagus [X] → halaman 318.

→ T 58

N. vagus [X]

Gambar 12.158 Kualitas serabut N. vagus [X]; skema potongan median di daerah kepala.
Untuk melihat secara rinci kualitas serabut N. vagus [X] → halaman 318.

N. vagus [X] → Gambar 12.157
Bersama Nn. glossopharyngeus [IX] et accessorius [XI], N. vagus [X] keluar dari Truncus encephali di Sulcus retroolivaris dan melintasi Basis cranii melalui Foramen jugulare. **Ganglion superius** terletak di dalam Foramen jugulare dan mengeluarkan cabang, yakni R. meningeus, yang masuk kembali ke dalam Cavitas cranii untuk memberi persarafan sensorik bagi Meninges di Fossa cranii posterior. Selain itu, keluar pula cabang R. auricularis untuk mempersarafi dinding luar Meatus acusticus externus.
Ganglion inferius terletak sedikit di bawah Foramen jugulare.
N. vagus [X] melintasi leher dan Cavitas thoracis lalu memasuki Cavitas abdominis. Dalam perjalanannya, N. vagus [X] perlahan kehilangan tampilannya sebagai satu saraf yang koheren. Di tingkat Oesophagus, masih bisa terlihat dua Trunci (Trunci vagales anterior et posterior), tetapi sejak dari Gaster, serabut ini tersebar lebih luas dan membentuk berbagai macam **Plexus** guna mencapai Hepar, Pancreas, Lien, Ren, Glandula suprarenalis, Intestinum tenue, dan Colon. Serabut-serabut N. vagus [X] berhenti titik CANNON-BÖHM (Flexura coli sinistra).
Di dalam **lintasan servikalnya**, N. vagus [X] menyajikan Rr. pharyngeales bagi **Plexus pharyngeus**. Plexus ini juga menerima serabut dari N. glossopharyngeus [IX] dan dari serabut simpatik (persarafan Mm. constrictor pharyngis medius et inferior, levator veli palatini, uvulae – fungsi motorik [VES], Glandulae pharyngeales – fungsi parasimpatik [VEU], dan mukosa faring – fungsi sensorik [VAU]. Cabang-cabang N. vagus tambahan antara lain R. lingualis (serabut pengecapan dari Radix linguae dan epiglottis, VAS), N. laryngeus superior (beserta R. externus yang mempersarafi Mm. cricothyroideus et constrictor pharyngis inferior serta R. internus yang memberi persarafan sensorik bagi mukosa laring di atas Plica vocalis) dan Rr. cardiaci cervicales superiores et inferiores yang memberi persarafan bagi Plexus cardiacus di Cor (yang memengaruhi pengaturan tekanan darah).
Di **bagian Thorax**, N. vagus [X] mengeluarkan cabang N. laryngeus recurrens. Nervus ini bergelung di sekitar Arcus aortae di sisi kiri dan A. subclavia di sisi kanan, kemudian terproyeksi kembali ke arah kranial menuju Larynx. Di tempat ini, N. laryngeus recurrens mempersarafi semua Musculi laryngis (kecuali M. cricothyroideus) dan mukosa di bawah Plica vocalis. Cabang-cabang. N. vagus di Thorax meliputi Rr. cardiaci thoracici yang mempersarafi Plexus cardiacus di Cor. Rr. bronchiales mencapai Plexus pulmonalis dan mempersarafi otot-otot serta kelenjar-kelenjar Arbor bronchialis. Persarafan N. vagus di paru merekam tegangan di dalam jaringan paru yang menyesuaikan pernapasan melalui gelung umpan balik neuronal reflektif.
N. vagus [X] kanan dan kiri membentuk Plexus oesophagus yang menyerupai jaring laba-laba di bagian tengah Oesophagus. Plexus ini kemudian akan turun serta membentuk Truncus vagalis anterior (terutama serabut N. vagus [X] kiri) dan Truncus vagalis posterior (terutama serabut N. vagus [X] kanan). Kedua Trunci mendampingi Oesophagus di dalam perjalanannya melintasi diafragma menuju **Cavitas abdominis**. Mulai dari Gaster ke depan, Trunci terbagi lebih lanjut guna menciptakan berbagai macam Plexi bagi organ-organ abdomen yang telah disebut di atas.

Kualitas serabut pada N. vagus [X] → Gambar 12.158
Serabut parasimpatik umum (VEU) N. vagus [X] berasal dari Nucleus dorsalis nervi vagi di dalam Medulla oblongata dan menginervasi kelenjar dan otot-otot polos organ dalam.
Serabut visero-aferen umum (VAU) organ-organ yang sama berjalan menuju Nucleus dorsalis nervi vagi dan Nucleus tractus solitarii.
Serabut visero-eferen spesifik (VES) berasal dari dalam Nucleus ambiguous dan menginervasi otot-otot rangka Palatum, faring, laring, dan Oesophagus.
Serabut visero-aferen umum (VAU) yang berasal dari mukosa dalam struktur yang sama terproyeksi ke dalam Nucleus dorsalis nervi vagi dan Nucleus tractus solitarii.
Serabut somato-aferen umum (SAU) dari Meatus acusticus externus dan Meninges di Fossa cranii posterior terproyeksi ke dalam Nucleus spinalis nervi trigemini.
Serabut gustatorik (VAS) di Radix linguae dan Epiglottis terhubung dengan Nucleus tractus solitarii.

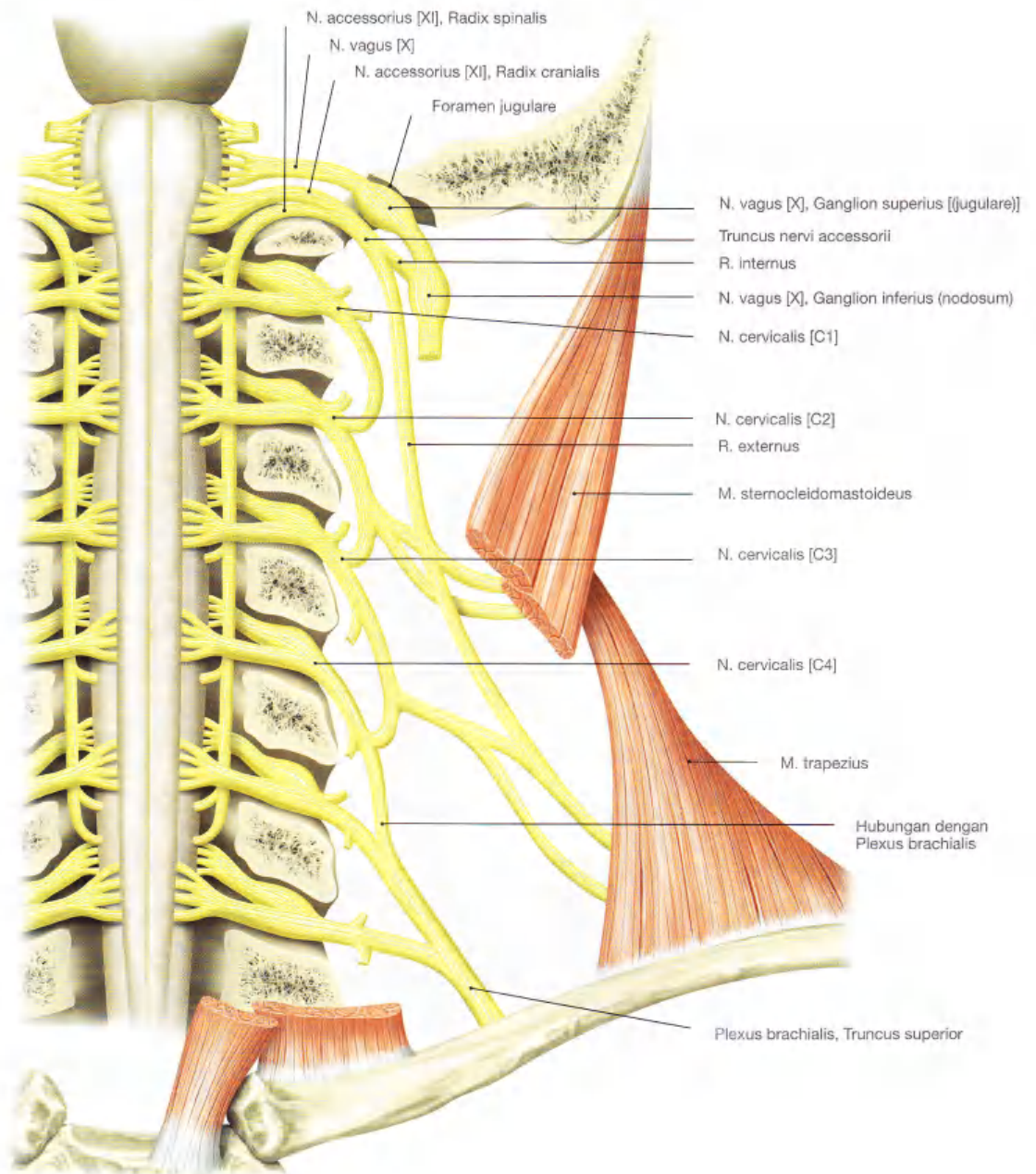
N. vagus [X]	
Nuclei (kualitas)	• Nucleus ambiguus (VES) • Nucleus solitarius (VAS, VAU) • Nucleus spinalis nervi trigemini (SAU) • Nucleus dorsalis nervi vagi (VEU, VAU)
Titik keluar di dalam Encephalon	• Medulla oblongata: Sulcus retroolivaris
Posisi di dalam Spatium subarachnoideum	• Cisterna basalis
Pelintasan melalui Basis cranii	• Foramen jugulare
Area persarafan	**Motorik:** • Musculi pharyngis (bagian kaudal), M. levator veli palatini, M. uvulae • Musculi laryngis **Sensorik spesifik:** • Radix linguae **Sensorik:** • Dura mater di Fossa cranii posterior • Meatus acusticus externus (bagian dalam yang berbentuk seperti sabit) • Membrana tympani (permukaan luar) **Parasimpatis:** • Organ-organ leher, toraks dan abdomen hingga ke titik CANNON-BÖHM

N. vagus [X]

Gambar 12.159 N. vagus [X]; kedua cabang saraf; dilihat dari anterior.
Gambar ini menekankan adanya sedikit perbedaan antara Nn. vagi dexter et sinister dan perjalanan kedua cabang-cabangnya sampai Trunci vagales anterior et posterior memasuki Cavitas abdominis.

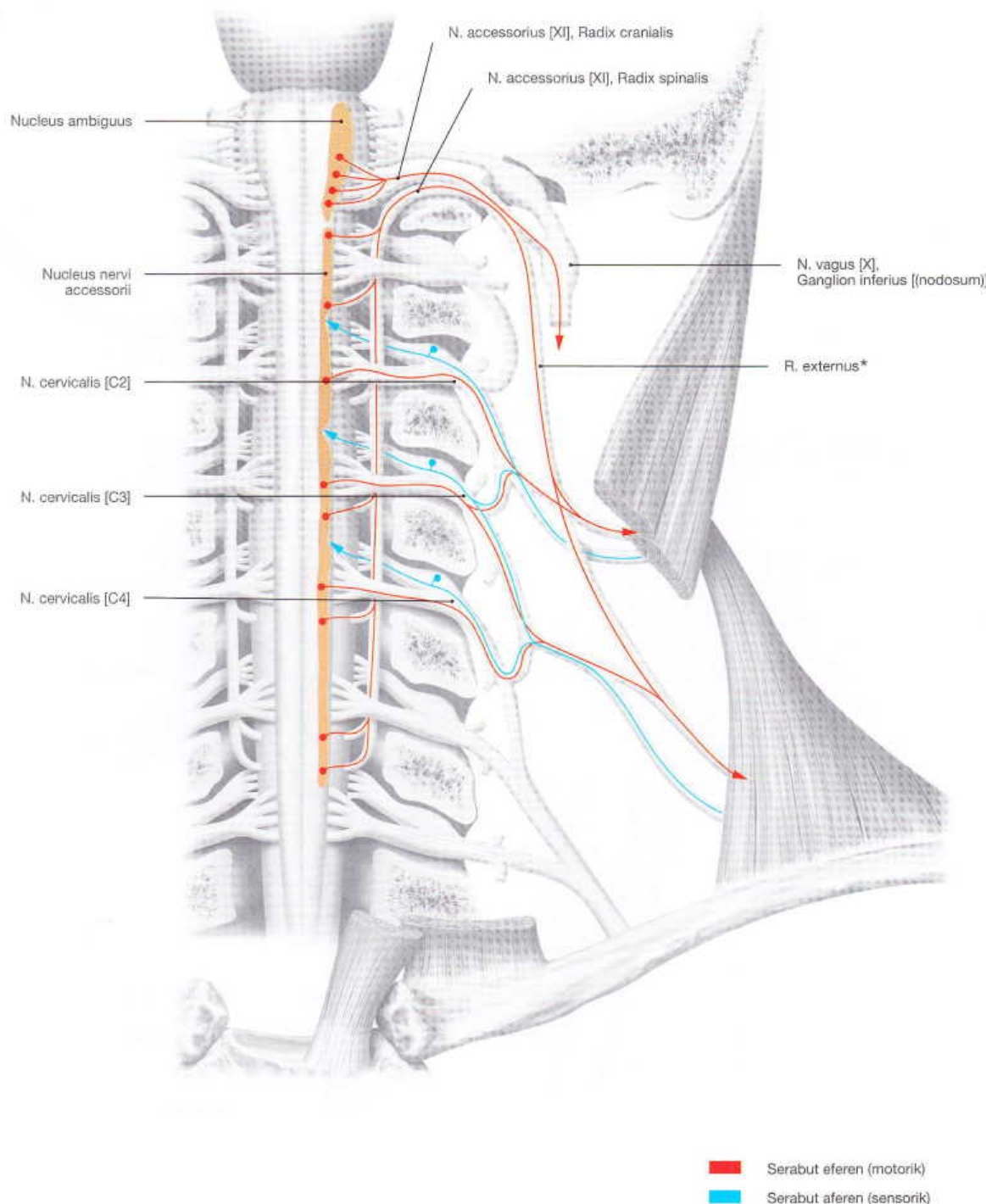
→ T 58

Catatan Klinis

Lesi utuh N. vagus [X] terutama terjadi di Foramen jugulare. Sering kali, Nn. glossopharyngeus [IX] et accessorius [XI] juga ikut terganggu. Bergantung lokasi lesi, gejala yang muncul meliputi kesulitan menelan dan deviasi Uvula ke sisi sehat (kerusakan Plexus pharyngeus), defisit sensorik di Pharynx dan Epiglottis (hilangnya refleks muntah, gangguan gustatorik), suara serak (paralisis Musculi laryngis), takikardia dan aritmia (persarafan Cor). Kerusakan unilateral hanya sedikit berdampak terhadap fungsi otonom vagal. Akan tetapi, rusaknya kedua N. vagus [X] mampu menyebabkan gangguan napas dan sirkulasi berat sampai pasien meninggal dunia.

N. accessorius [XI]

Gambar 12.160 N. accessorius [XI]; dilihat dari anterior; Canalis vertebralis dan Cranium telah dibuka.

N. accessorius [XI] keluar dari Truncus encephali di Sulcus retroolivaris bersama N. glossopharyngeus [IX] dan N. vagus [X], dan ketiga Nervi craniales tersebut bersama-sama melintasi Basis cranii melalui Foramen jugulare. N. accessorius [XI] memiliki dua Radices yang berbeda. **Radix cranialis** N. accessorius [XI] berasal dari Nucleus ambiguus di dalam Medulla oblongata. Di tingkat Foramen jugulare, Radix cranialis bergabung dengan **Radix spinalis** N. accessorius [XI] yang tersusun atas serabut-serabut yang berasal dari Radices segmental anterior dan posterior di Medulla spinalis bagian servikal. Menurut ilmu dari buku ajar terkini, serabut-serabut Radix cranialis membentuk R. internus dan bersatu di N. vagus [X] inferior menuju Foramen jugulare (menurut temuan awal baru yang memerlukan analisis lebih lanjut, N. accessorius [XI] tidak memiliki Radix cranialis dan tidak terhubung dengan N. vagus [X]). Radix cranialis berperan mempersarafi Musculi pharyngis et laryngis sehingga, terus terang saja, bukanlah merupakan bagian N. accessorius [XI]. Serabut-serabut Radix spinalis terproyeksi ke arah kaudal menuju M. sternocleidomastoideus, berjalan melintasi Trigonum colli laterale menuju Margo anterior M. trapezius, dan mempersarafi kedua otot.

→ T 58b

N. accessorius [XI]

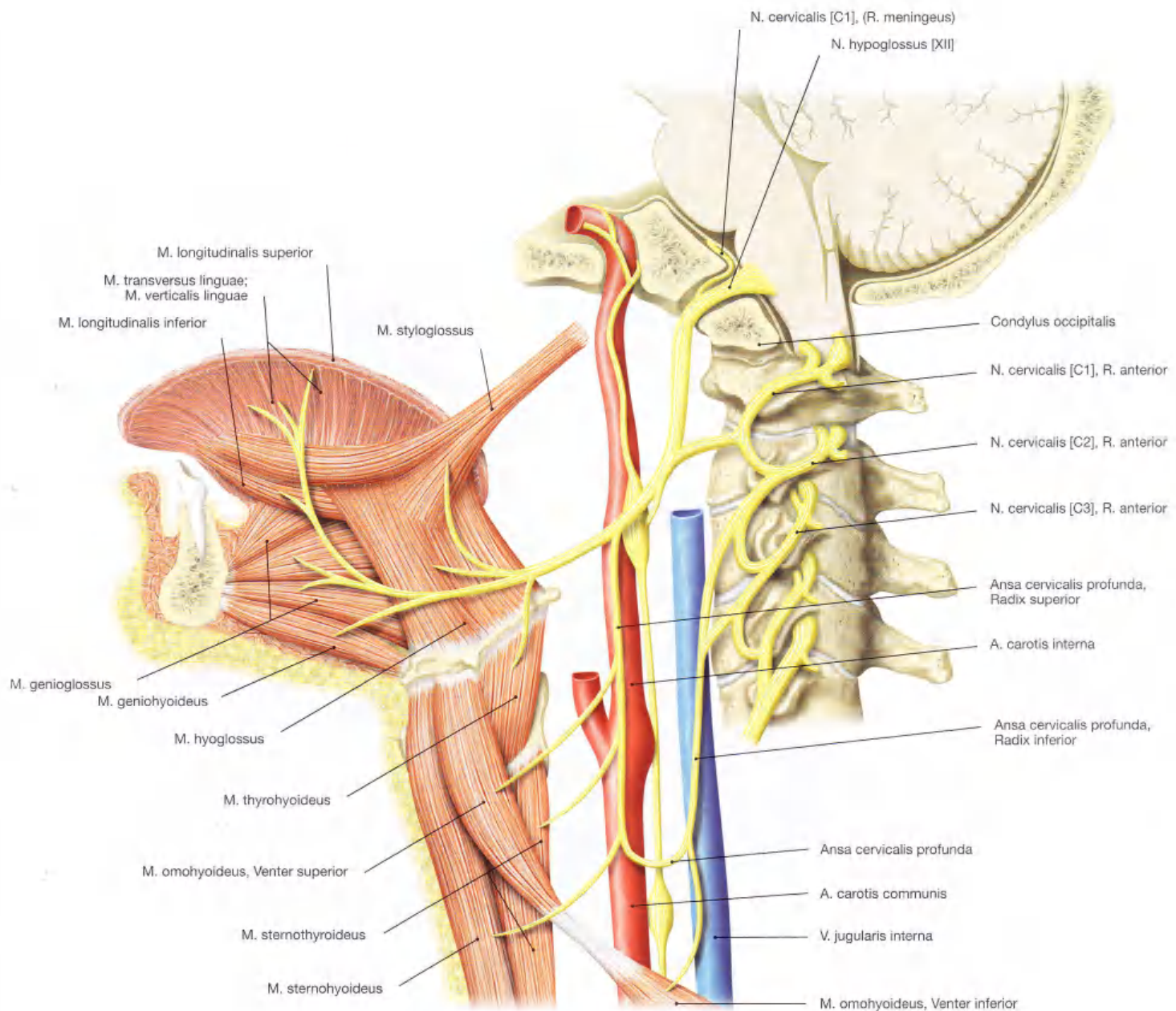
Gambar 12.161 Kualitas serabut N. accessorius [XI]; dilihat dari anterior, Canalis vertebralis dan Cranium telah dibuka.

N. accessorius [XI] mempersarafi M. sternocleidomastoideus dan M. trapezius melalui serabut visero-eferen spesifik (VES) yang berasal dari Nucleus nervi accessorii.

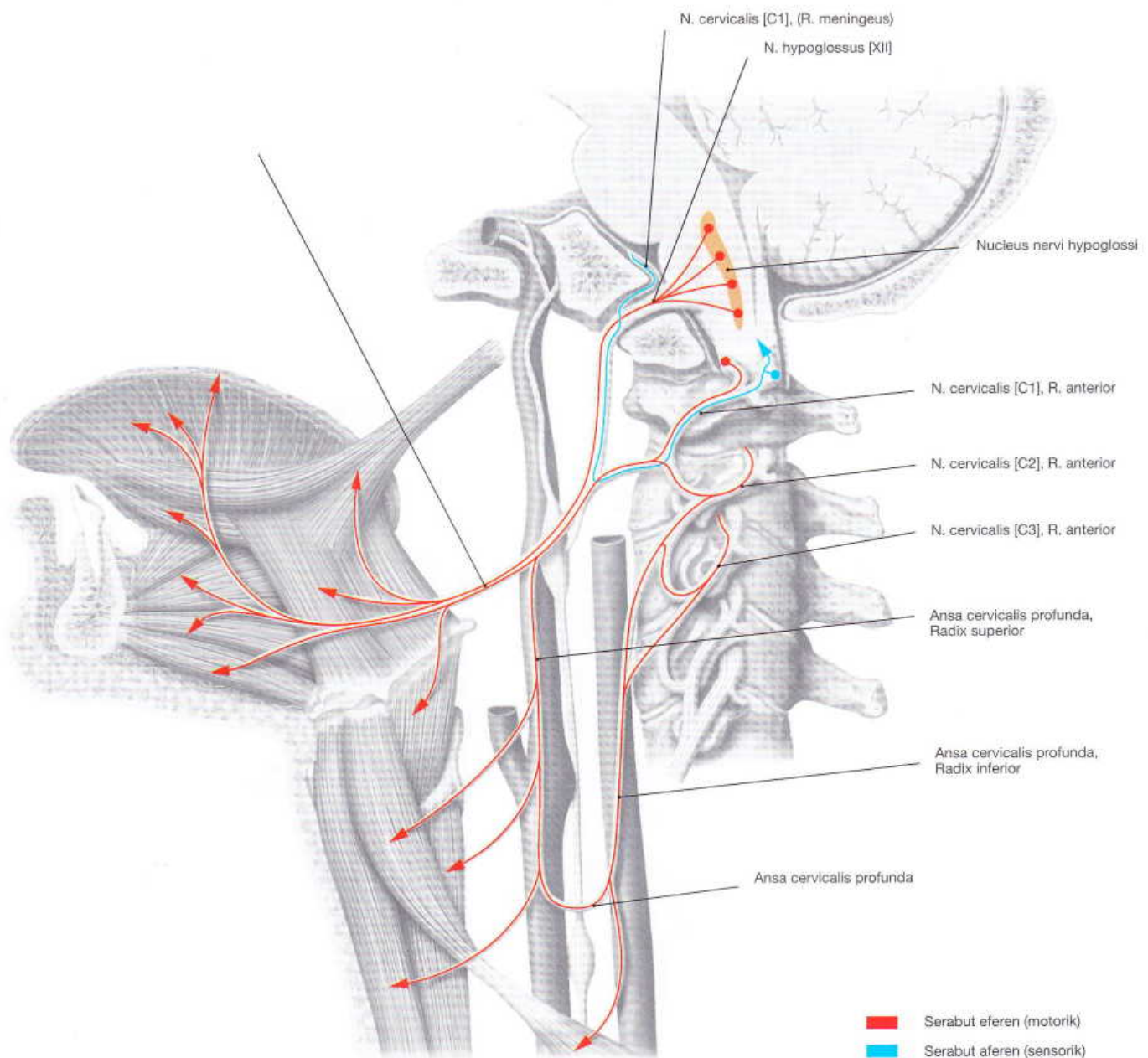
* untuk M. sternocleidomastoideus dan M. trapezius.

Catatan Klinis

Lesi N. accessorius [XI] sering terjadi karena perjalanannya di superfisial Trigonum colli laterale. Lesi iatrogenik (akibat tindakan medis, seperti ekstirpasi kelenjar getah bening) umum terjadi. Cedera leher menjadi sebab lain terjadinya lesi saraf. Bila N. accessorius [XI] terluka di sisi superior M. sternocleidomastoideus, penderita tidak mampu memutar kepalanya ke sisi sehat (paralisis M. sternocleidomastoideus). Selain itu, elevasi lengan di atas bidang horizontal tidak mungkin dikerjakan (paralisis M. trapezius). Akan tetapi, dalam kebanyakan kasus, lesi terletak di sisi inferior dari percabangan yang mempersarafi M. sternocleidomastoideus di Trigonum colli laterale. Bahu di sisi ini turun lebih rendah dibandingkan dengan sisi yang sehat, sehingga elevasi lengan di atas bidang horizontal menjadi sulit dikerjakan.

N. hypoglossus [XII]

Gambar 12.162 N. hypoglossus [XII]; skema potongan median; dilihat dari sisi kiri.

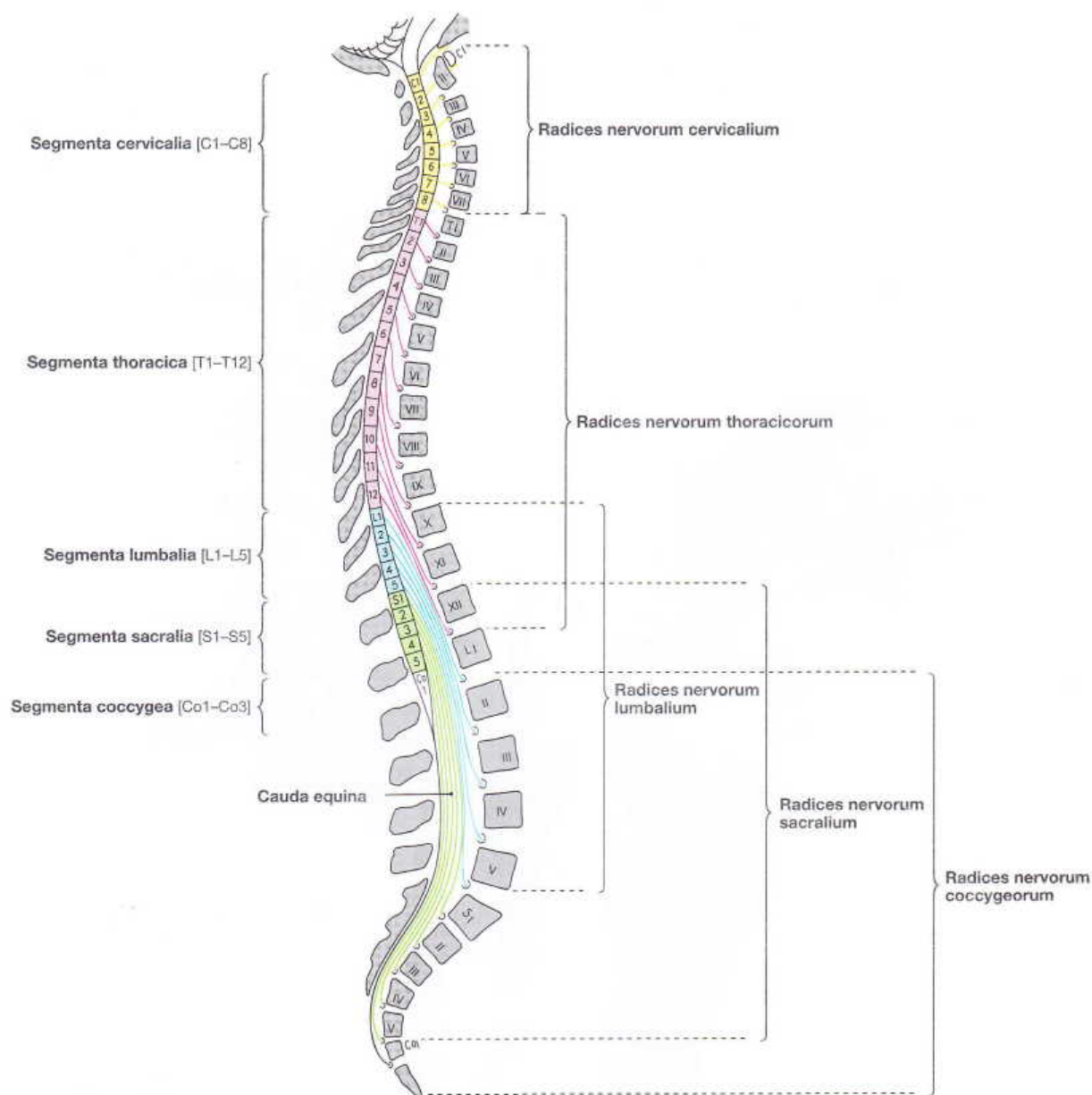
Nucleus nervi hypoglossi di Medulla oblongata memberi serabut bagi N. hypoglossus [XII]. Serabut tersebut keluar dari Truncus encephali dalam bentuk berkas-berkas kecil di antara Pyramis medullae dan Oliva di Sulcus anterolateralis. Kesemuanya bergabung membentuk N. hypoglossus [XII] yang berjalan melintasi **Canalis nervi hypoglossi.** Di inferior Basis cranii, serabut-serabut Nervi spinales C1 et C2 menemani N. hypoglossus [XII] untuk sementara waktu, kemudian berpisah kembali, pertama sebagai Radix superior **Ansa cervicalis profunda** lalu sebagai cabang yang pergi menuju M. geniohyoideus. Bersama serabut dari C2 dan C3, serabut-serabut ini membentuk Ansa cervicalis profunda dan, selain itu, mempersarafi M. geniohyoideus. Di posterior N. vagus [X] dalam berkas neurovaskular di belakang Pharynx, N. hypoglossus [XII] berjalan ke arah kaudal dan, dalam bentuk lengkungan yang menekuk 90°, membelok ke arah rostral dan medial. Saraf ini berjalan di batas atas Trigonum caroticum, melintasi A. carotis externa di titik percabangan A. lingualis dan mencapai lidah di antara M. hyoglossus dan M. mylohyoideus. N. hypoglossus [XII] mempersarafi semua otot-otot internal lidah dan Mm. styloglossus, hyoglossus dan genioglossus.

→ T 58!

N. hypoglossus [XII]

Gambar 12.163 Kualitas serabut N. hypoglossus [XII]; skema potongan median; dilihat dari sisi kiri.
N. hypoglossus [XII] tersusun atas serabut-serabut somato-eferen umum (SEU) yang berasal dari Nucleus nervi hypoglossi dan mempersarafi semua otot-otot internal lidah dan Mm. styloglossus, hyoglossus, dan genioglossus.

Catatan Klinis

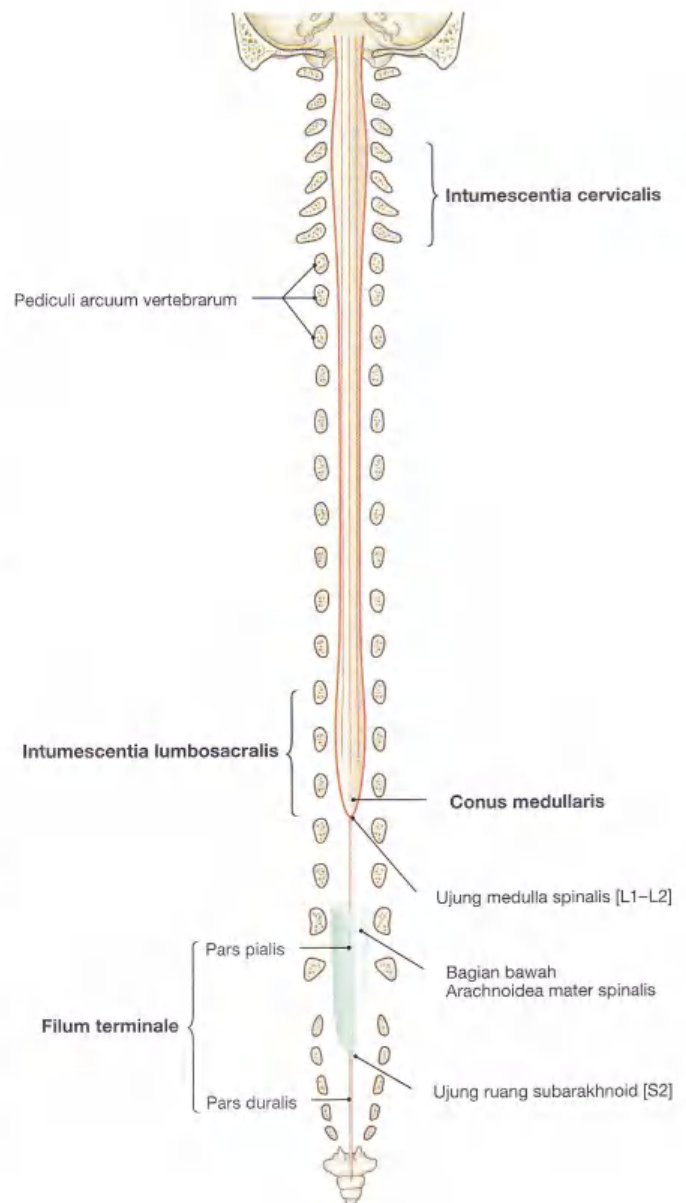
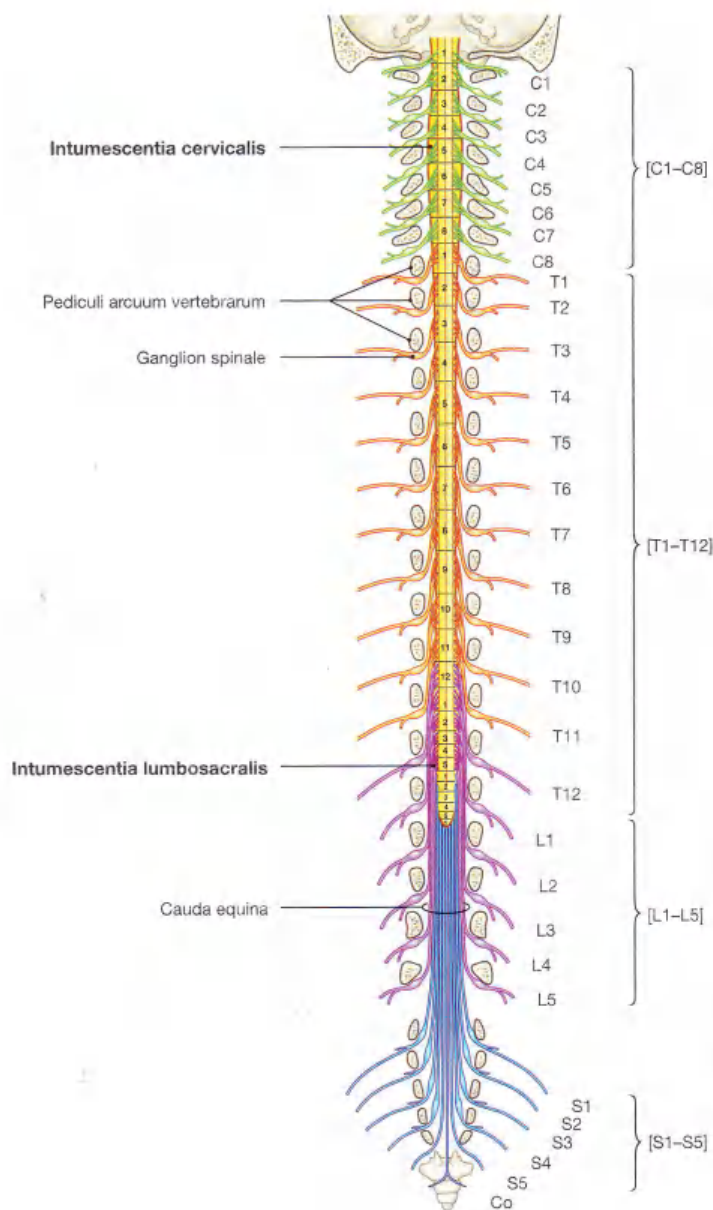
Lesi N. hypoglossus [XII] unilateral, misalnya disebabkan oleh fraktur Basis cranii, menyebabkan lidah miring ke sisi yang terkena gangguan karena otot lidah yang masih utuh di sisi berlawanan mendorong lidah ke sisi paretik. Dalam kasus paralisis otot lidah persisten, terlihat tanda-tanda atrofi otot di sisi paretik. Selain itu, terjadi disfagia (sulit menelan) dan disartria (artikulasi buruk) akibat paralisis otot lidah.

Segmenta medullae spinalis

Gambar 12.164 Segmenta medullae spinalis; skema potongan median; dilihat dari sisi kiri; segmen-segmen regional diperjelas dengan warna yang beragam.
Medulla spinalis tersusun atas Segmenta cervicalia [C1-C8], Segmenta thoracica [T1-T12], Segmenta lumbalia [L1-L5], Segmenta sacralia [S1-S5] dan Segmenta coccygea [Co1-Co3]. Pada orang dewasa, Medulla spinalis hanya meluas hingga ke tingkat Vertebrae lumbales LI-LII.

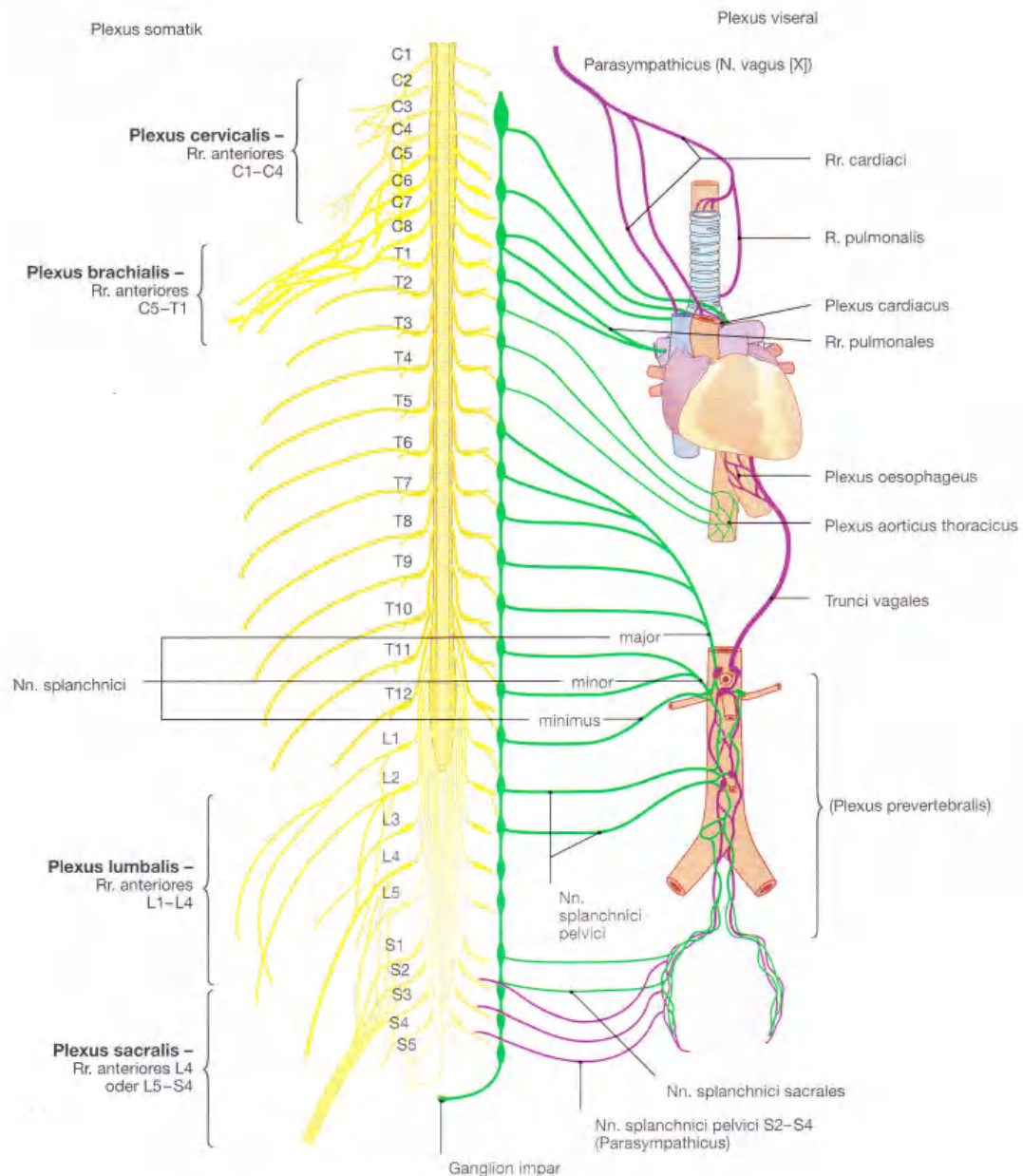
Karena pertumbuhan Medulla spinalis tidak berjalan secepat Columna vertebralis, perjalanan Radices nervorum menuju masing-masing Foramina intervertebrales segmental menjadi lebih terjal dan panjang dari kranial ke kaudal di dalam Canalis vertebralis. Di bawah LI-LII, susunan Nervi spinalis di dalam Canalis vertebralis menyerupai ekor kuda, sehingga dinamai Cauda equina.

Catatan Klinis

Penyempitan Canalis vertebralis menyebabkan iritasi neuron segmental yang bersangkutan. Tumor atau prolaps diskus median di inferior Segmentum medulla spinalis C3 dapat menimbulkan **sindrom conus medullaris** (lesi Segmenta medullae spinalis S3-Co3) atau **sindrom cauda equina** (SEC; lesi Radices nervi spinales di Cauda equina). Gejalanya meliputi defisiensi sensorik (anestesia pelana), paralisis flaccid, inkontinensia, dan impotensi.

Segmenta medullae spinalis

Gambar 12.165 Segmenta medullae spinalis; skema potongan frontal; dilihat dari ventral. [8]
Karena pertumbuhan Medulla spinalis tidak berjalan secepat Columna vertebralis sehingga lebih pendek ketimbang Columna vertebralis, perjalanan Radix spinalis menuju masing-masing Foramina intervertebrales segmental menjadi lebih curam dan panjang dari kranial ke kaudal dan lebih kaudal dari serabut-serabut lain yang terletak lebih lateral di dalam Canalis vertebralis. Pada orang dewasa, Medulla spinalis berakhir di tingkat LI-LII (berkisar dari TXII hingga LII/LIII). Oleh sebab itu, Radices anteriores et posteriores terletak di segmen Columna vertebralis yang lebih tinggi ketimbang Nervus spinalis bersangkutan yang keluar dari Canalis vertebralis. Di sisi inferior Conus medullaris, Radices anteriores et posteriores milik Nervi lumbales, sacrales et coccygeus memanjang ke arah kaudal guna mencapai Foramina intervertebrales bersangkutan dan keluar dari Canalis vertebralis. Kumpulan Radices ini dinamakan Cauda equina.

Gambar 12.166 Medulla spinalis; dilihat dari ventral. [8]
Medulla spinalis merupakan bagian SSP yang terletak di dua-pertiga atas Canalis vertebralis. Pada orang dewasa, Medulla spinalis memanjang dari Foramen magnum hingga mencapai kira-kira LI/LII. Pada neonatus, Medulla spinalis mencapai tingkat LIII atau bahkan LIV. Ujung distalnya memiliki bentuk seperti kerucut (Conus medullaris). **Conus medullaris** mengandung jejaring jaringan penyambung halus (Filum terminale), berasal dari bagian-bagian Pia mater, yang memanjang ke arah kaudal menuju Canalis vertebralis. Diameter Medulla spinalis bertambah di area-area Radices nervi spinales yang mempersarafi ekstremitas. Intumescentia cervicalis (C5-T1) mengandung neuron-neuron guna persarafan ekstremitas atas, sementara **Intumescentia lumbosacralis** terletak di tingkat Radices nervi spinales L1-S3 dan berperan mempersarafi ekstremitas bawah.

Plexus saraf somatik dan viseral

Gambar 12.167 Plexus saraf somatik dan viseral. [8]
Plexus bisa mengurusi somatik (sisi kiri gambar) atau viseral (sisi kanan gambar) dan mencakup serabut-serabut dengan kualitas dan tingkatan yang berbeda. Nervi yang berasal dari satu Plexus terproyeksi menuju berbagai jaringan dan organ sasaran yang berbeda. Plexus dari sistem saraf enterik dapat menghasilkan aktivitas refleks yang tidak bergantung kepada SSP.
Plexus somatik berasal dari Rr. anteriores nervi spinales. Plexus cervicalis (C1-C4), Plexus brachialis (C5-T1), Plexus lumbalis (L1-L4), Plexus sacralis (L4-S4), dan Plexus coccygeus (S5-Co). Kecuali Nervus spinalis T1, semua Rr. anteriores yang berasal dari Nervi thoracici nervi spinales bersifat independen dan tidak turut berpartisipasi dalam pembentukan Plexus.
Plexus viseral membentuk gabungan dengan visera (organ dalam) dan normalnya mengandung bagian-bagian eferen (simpatik dan parasimpatik) serta aferen. Plexus viseral meliputi Plexus cardiacus et pulmonalis di toraks serta Plexus prevertebralis di anterior aorta di dalam abdomen, yang meluas ke arah kaudal menuju dinding lateral Pelvis. Plexus prevertebralis mengeluarkan serabut-serabut eferen ke semua organ abdomen dan pelvik serta menerima aferen dari organ serupa.

Catatan Klinis

Nyeri rujuk, sesekali juga dinamai nyeri alih, ditelaah sebagai kesalahan persepsi oleh otak akan nyeri yang berasal dari organ dalam. Dalam kasus nyeri rujuk, nyeri viseral tidak dirasakan di tempat asal kelainan tetapi diproyeksikan ke area kulit di distal (**zona HEAD**). Normalnya, nyeri rujuk melibatkan satu area yang memiliki jumlah aferen sensorik sedikit, seperti usus. Aferen viseral ini bersatu di tingkat yang sama di Medulla spinalis dengan aferen dari area kulit tertentu yang tersusun atas banyak aferen sensorik. Otak salah menentukan lokasi nyeri rujuk di area kulit bersangkutan. Contoh khas untuk kasus ini adalah nyeri rujuk ke bahu dan/atau lengan kiri sewaktu terjadi Angina pectoris atau infark miokard.

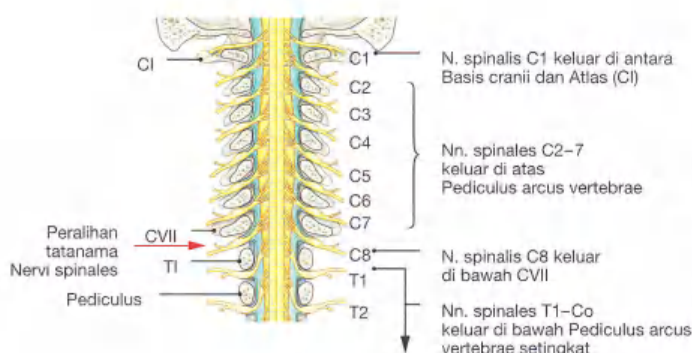
Radix posterior (C1)
Obex
N. hypoglossus [XII]
Pons
Medulla oblongata
N. accessorius [XI]
Decussatio pyramidum
Fissura mediana anterior
Segmenta cervicalia [1–8] = Pars cervicalis
Sulcus anterolateralis
Radix posterior (C8)
Intumescentia cervicalis
Radix posterior (T1)
Dura mater spinalis
Segmenta thoracica [1–12] = Pars thoracica
Dura mater spinalis
Sulcus posterolateralis
Sulcus medianus posterior
Funiculus lateralis
Funiculus posterior
Funiculus anterior
Radix posterior (T12)
Intumescentia lumbosacralis
Segmenta lumbalia [1–5] = Pars lumbalis
Radix posterior (L1)
Conus medullaris
Radices posteriores (L1–5, S1–5)
Cauda equina
Filum terminale
Ganglia sensoria nervorum spinalium (S1–5)
Filum terminale, Pars duralis
a
Filum terminale, Pars duralis
b

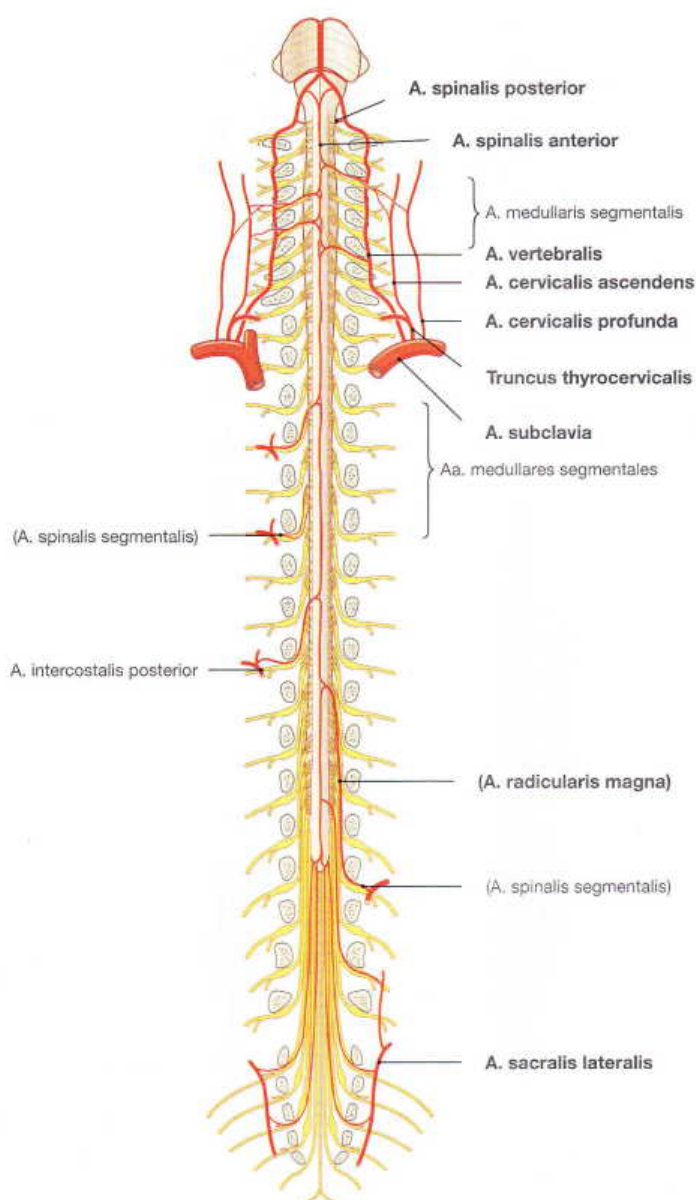
Gambar 12.168a dan b Medulla spinalis dan Nn. spinales; Canalis vertebralis dan kantong dura telah dibuka.

a dilihat dari dorsal

b dilihat dari ventral

Medulla spinalis berbentuk seperti pedang dan berdiameter 1-1,5 cm. Medulla spinalis memanjang dari Medulla oblongata di Truncus encephali. Segmenta cervicalia et lumbalia bertambah diameternya dan membentuk Intumescentia cervicalis (C5-T1) dan Intumescentia lumbosacralis (L2-S3). Di struktur ini, terdapat banyak neuron dan serabut saraf yang terutama mengurusi persarafan ekstremitas. Conus medullaris menjadi ujung kaudal dari Medulla spinalis.

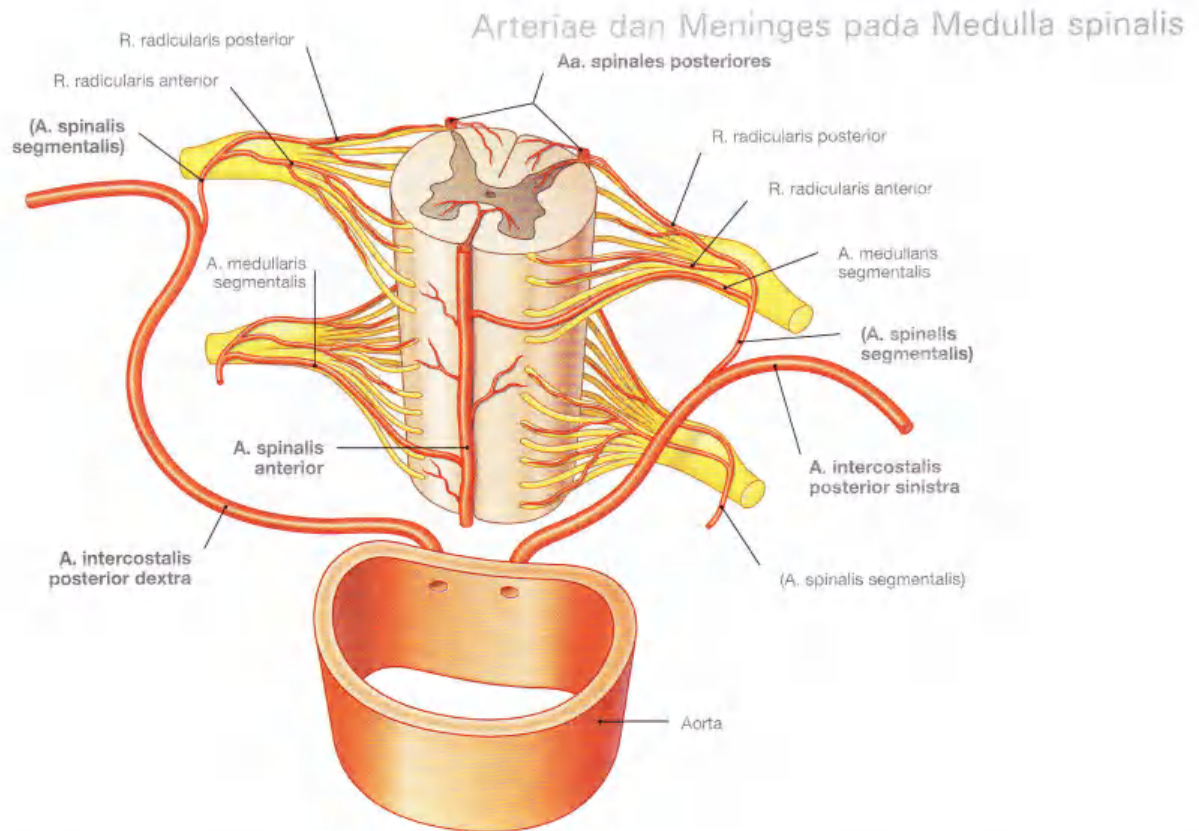
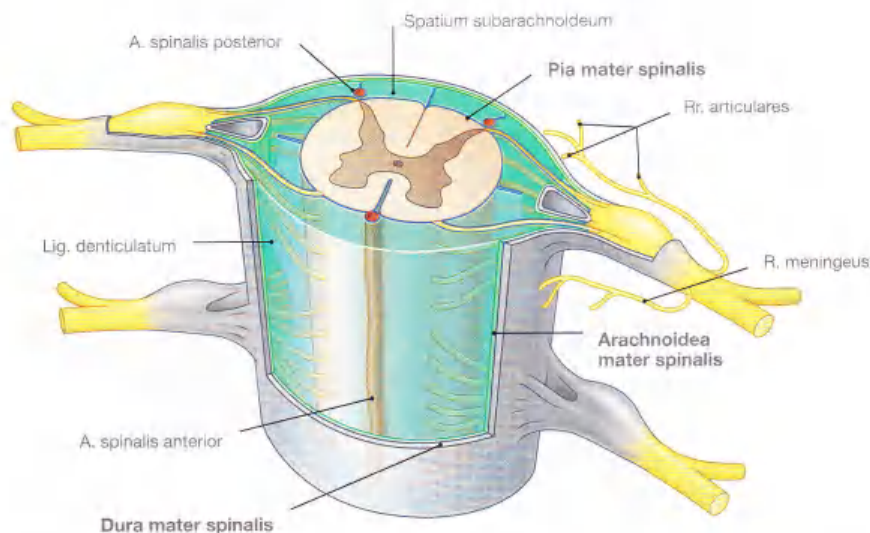
Permukaan Medulla spinalis menunjukkan ciri khas yakni **Sulci longitudinales**. Di garis tengah sisi ventral, lekukan ini dinamakan Fissura mediana anterior dan di sisi posterior dinamakan Sulcus medianus posterior. Funiculus anterior yang terletak di kedua sisi Fissura mediana anterior, diikuti oleh Sulcus ventrolateralis yang memisahkan Funiculus anterior dari Funiculus lateralis. Di sisi dorsal dan bilateral dari Sulcus medianus posterior, terdapat Funiculi posteriores. Sulcus medianus posterior dipisahkan dari Funiculi laterales oleh Sulci posterolaterales.

Gambar 12.169 Nomenklatur Nervi spinales. [8]
Berbeda dengan Segmenta medullae spinalis lain, jumlah Segmenta medullae spinalis di **Pars cervicalis** tidak sama dengan jumlah Vertebrae. Pars cervicalis medullae spinalis memiliki delapan segmen servikal tetapi hanya tujuh Vertebrae cervicales. Sepasang pertama Nervi cervicales keluar di antara Basis cranii dan atlas (Vertebra CI). Pasangan nervi spinales C2-C7 masing-masing keluar di **superior** dari Pediculus arcus vertebrae terkait. Di perpindahan dari Vertebra CVII ke Vertebra TI, nomenklaturnya berubah karena Nervus spinalis VIII keluar di inferior Vertebra CVIII. Semua pasang Nervi spinales T1-Co yang keluar berikutnya akan selalu keluar di **inferior** Arcus vertebrae terkait.

Arteri-arteri Medulla spinalis

Gambar 12.170 Arteri-arteri Medulla spinalis; dilihat di ventral; tidak semua Arteriae spinales segmental diperlihatkan.
Terdapat tiga sumber suplai arteri untuk Medulla spinalis:
- melalui **A. subclavia** (servikal) lewat A. spinalis anterior dan Rr. radiculares anteriores et posteriores dari Aa. vertebralis, cervicalis ascendens, et cervicalis profunda
- melalui **Aorta thoracica** (torasik) lewat A. intercostalis suprema dan Aa. intercostales posteriores
- melalui **Aorta abdominalis** (lumbosakral) lewat Aa. lumbales.

A. iliaca interna memasok Cauda equina melalui A. iliolumbalis dan A. sacralis lateralis. Semua arteri ini memberi cabang Rr. spinales. R. spinalis terbesar adalah A. radicularis magne (ADAMKIEWICZ; vertebra TXII-LII) yang biasanya ditemukan di sisi kiri tubuh.

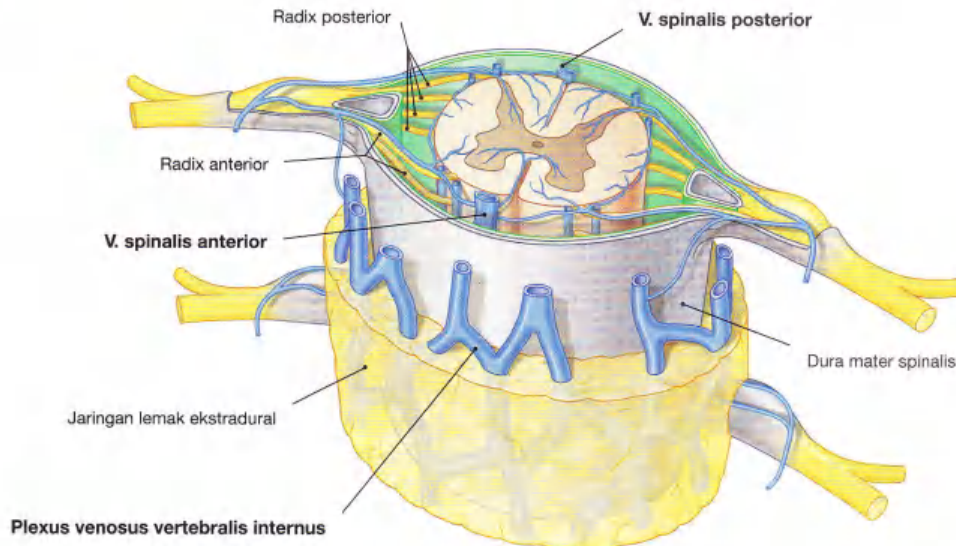
Catatan Klinis

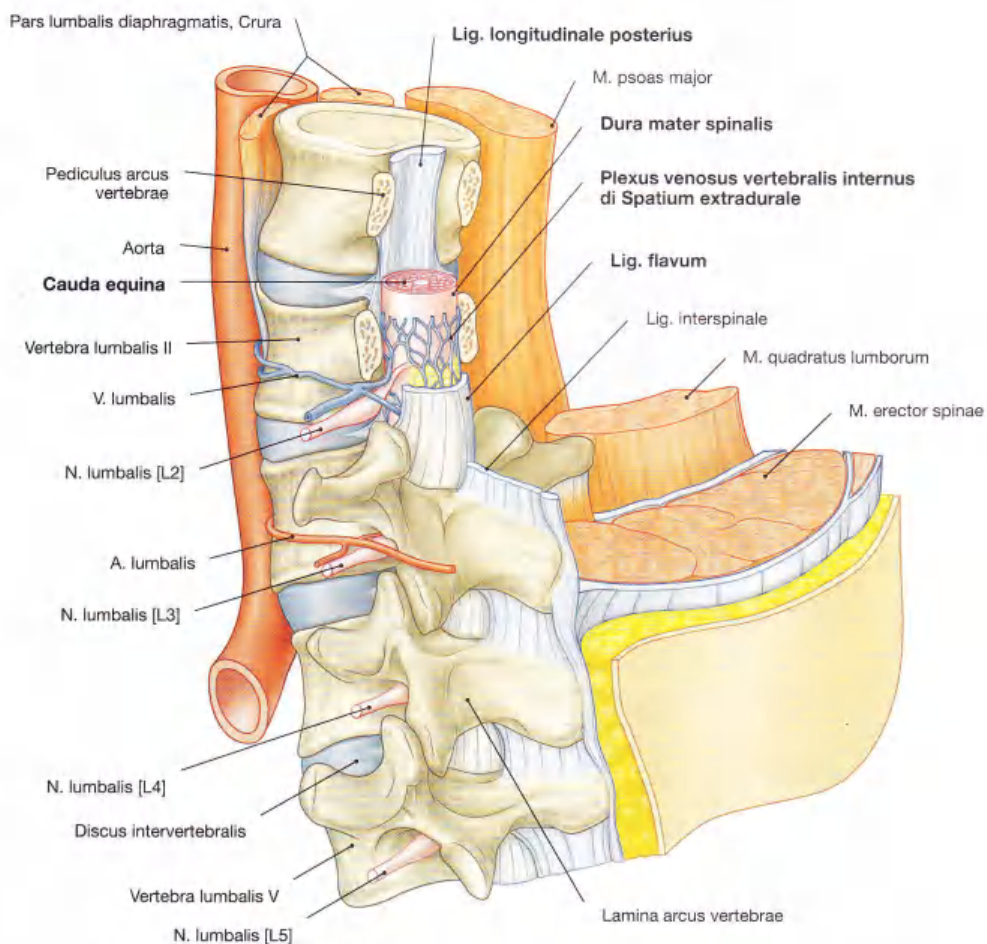
A. spinalis anterior (area pendarahan → Gambar 12.171) bisa tersumbat oleh trombosis, tumor, dll. Hal ini menyebabkan **sindrom Arteri spinalis anterior**. Kerusakan Cornu anterior terjadi di tingkat oklusi, menyebabkan paresis layuh otot-otot serta bagian otot yang dipersarafi oleh Segmentum medulla spinalis bersangkutan. Bersamaan dengan itu, jaras-jaras di Funiculus anterolateralis menjadi tidak berfungsi. Regio-regio tubuh yang dipersarafi oleh Segmenta medullae spinalis di bawah tempat terjadinya cedera akan memperlihatkan paresis spastik, hilang persepsi nyeri dan suhu tetapi sensasi sentuh, getar dan postural akan tetap terjaga, disertai dengan gangguan fungsi kemih, defekasi dan seksual.
Sumbatan suplai darah dari pembuluh darah radikular anterior terbesar, yakni A. radicularis magna atau arteri ADAMKIEWICZ, menyebabkan **sindrom Arteri radicularis magna**. Bergantung tingkat sumbatannya, timbul paraplegia di regio Thorax bawah atau Lumbal atas disertai kehilangan total fungsi Medulla spinalis di kaudal tempat cedera.

Arteriae dan Meninges pada Medulla spinalis

Gambar 12.171 Arteriae dan Meninges pada Medulla spinalis. [8]
Pendarahan ke Medulla spinalis dicapai melalui **A. spinalis anterior** dan **Aa. spinales posteriores**, yakni pembuluh darah yang berjalan longitudinal di sisi Medulla spinalis dan berasal dari Pars cervicalis. Pembuluh darah lain yang turut serta adalah arteri penyuplai (Aa. spinales segmentales dari Aa. vertebrales, arteri-arteri servikal dalam, Aa. intercostales dan Aa. lumbales) yang memasuki Canalis vertebralis melalui Foramina intervertebralia dan membagi diri menjadi **Rr. radiculares anteriores** et **posteriores** di tingkat masing-masing bidang Medulla spinalis. Radices anteriores et posteriores mengikuti Nervi spinales dan memasoknya dengan darah. Di berbagai bidang yang berbeda, Aa. spinales segmentales melepaskan **Aa. medulares** segmental yang terproyeksi menuju dan beranastomosis dengan arteri-arteri yang berjalan longitudinal.

Gambar 12.172 Meninges; dilihat dari ventral oblik. [8]
Seperti Encephalon, Medulla spinalis dikelilingi oleh tiga meninges, yang melindungi dan menunjang struktur SSP ini di dalam Canalis vertebralis. **Dura mater spinalis** merupakan yang terkuat dari tiga meninges dan terletak paling jauh di luar. Nervi spinales yang keluar di lateral beserta Radicesnya dikelilingi oleh selubung tubular dura yang menyebar ke dalam dan berfusi dengan epineurium Nervi spinales. Di dalam dura, terdapat Arachnoid mater spinalis yang dipisahkan dari Pia mater spinalis oleh Spatium subarachnoideum yang diisi oleh Liquor cerebrospinalis. Trabeculae arachnoideae, tidak diperlihatkan di gambar, menghubungkan Arachnoid mater spinalis di satu sisi dengan Pia mater spinalis di sisi lain. Jaringan penyambung ini juga mengelilingi pembuluh darah yang terletak di dalam Spatium subarachnoideum.

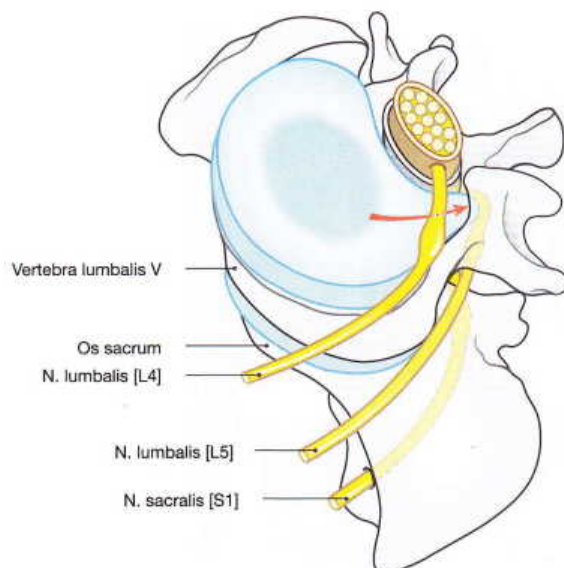
Pia mater spinalis adalah satu membran yang kaya akan pembuluh darah dan melekat erat dengan permukaan Medulla spinalis. Pia mater spinalis meluas jauh ke dalam ke Fissura mediana anterior, menciptakan lapisan mirip selubung di sekeliling Radices posteriores et anteriores nervi spinales dan menyertainya di dalam perjalanan melintasi Spatium subarachnoideum.

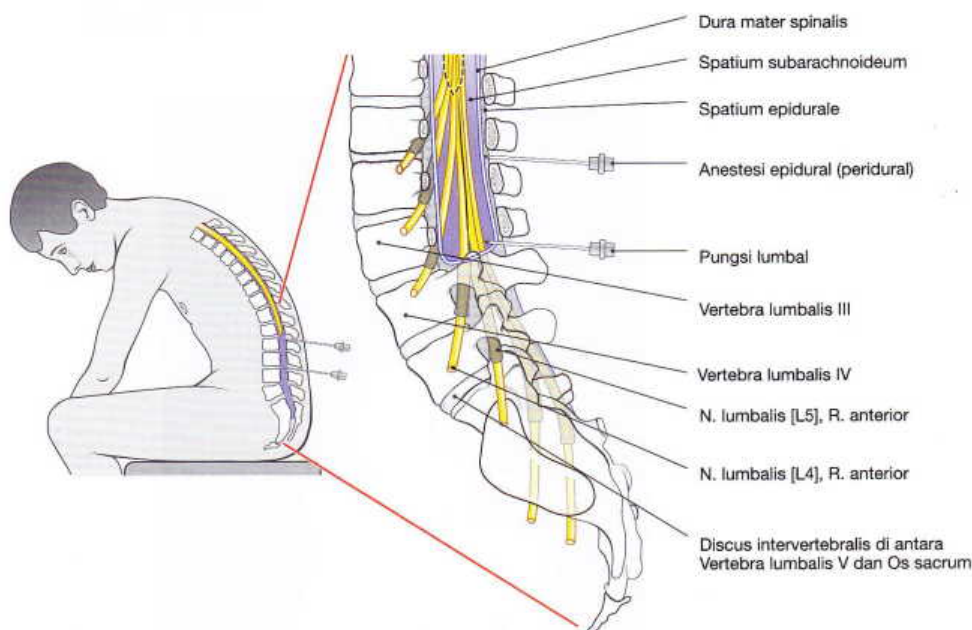
Di area keluar dan masuknya Radices, Pia mater spinalis bertransisi ke dalam **Arachnoidea mater spinalis**. Ligg.denticulata merupakan kepanjangan Pia mater spinalis ke arah lateral menuju Arachnoid mater spinalis dan Dura mater spinalis di sepanjang kedua sisi Medulla spinalis. Ligg.denticulata berperan melekatkan Medulla spinalis di tengah Spatium subarachnoideum.

Plexus venosus medulla spinalis

Gambar 12.173 Venae di Canalis vertebralis; dilihat dari ventral oblik.

Venae yang mengalirkan Medulla spinalis terutama membentuk pembuluh pengumpul longitudinal yang berjalan di sisi Medulla spinalis. Dua pasang kelompok vena longitudinal berkumpul di sekeliling tiap titik keluar dan masuk Radix anterior dan Radix posterior. Selain itu, **V. spinalis anterior** dan **V. spinalis posterior** masing-masing berjalan di sisi Fissura mediana anterior dan Sulcus medianus posterior. Vena-vena ini mengalir ke dalam **Plexus venosus vertebralis internus** di dalam Spatium epidurale canalis vertebralis. Plexus venosus terhubung dengan vena-vena segmental yang, seperti sistem azigos, mengalir ke vena-vena besar pengumpul di dalam tubuh. Plexus venosus vertebralis internus juga berhubungan dengan vena-vena intrakranial.

Gambar 12.174 Posisi Medulla spinalis di dalam Canalis vertebralis; dilihat dari dorsolateral. [8]

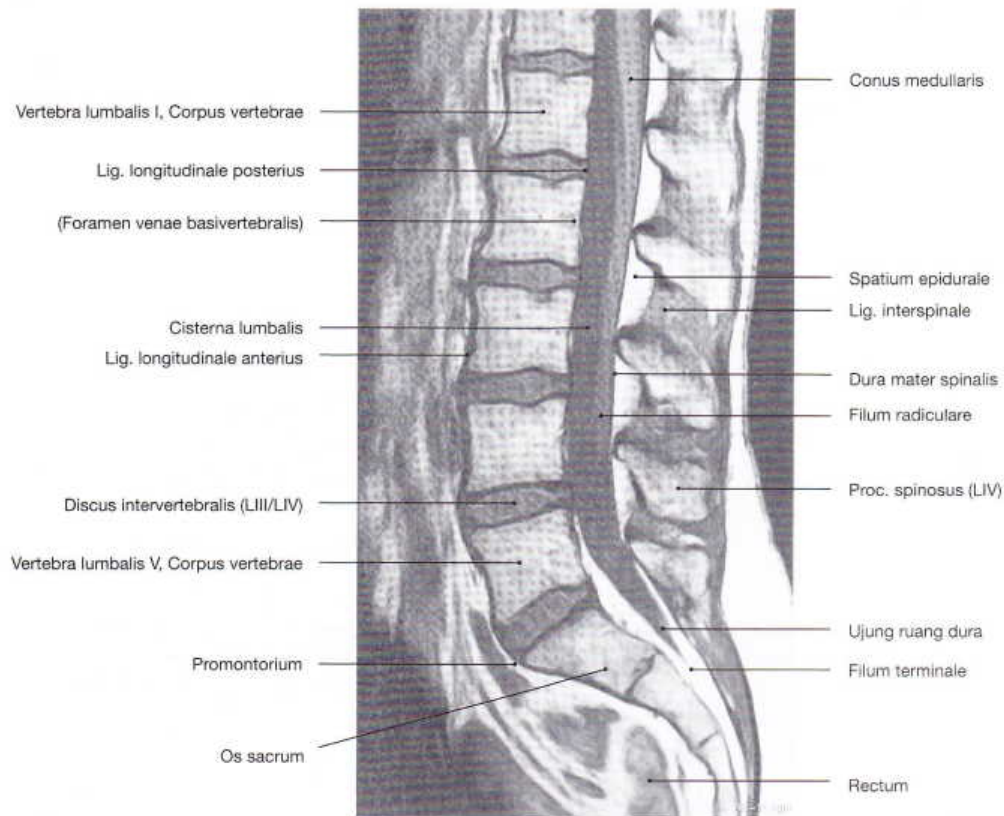
Tabung dura terletak di ventral Lig. longitudinale posterius dan dikelilingi oleh Plexus venosus vertebralis internus. Arcus vertebrae dari dua Vertebrae lumbales telah diangkat. Hubungan topografik Radix dengan Discus intervertebralis di bawah N. spinalis L2 diperlihatkan. Lig. flavum menyajikan selubung dorsal bagi tabung dura.

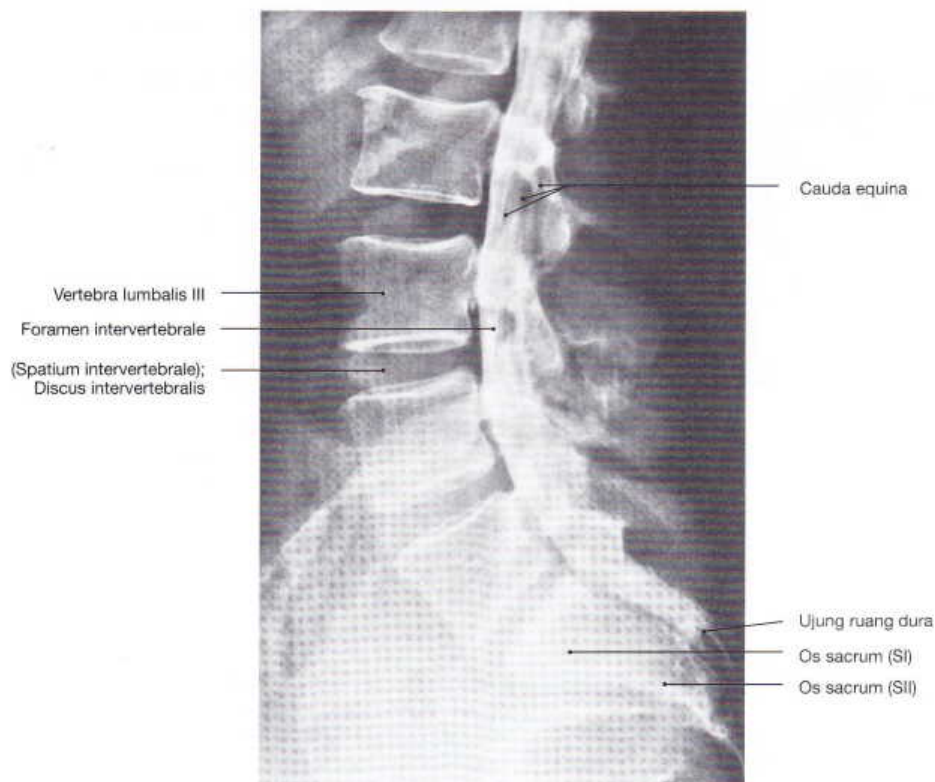
Klinik

Gambar 12.175 Skema herniasi Discus intervertebralis mediolateral di antara Vertebrae lumbalis LIV-V; dilihat dari lateroventral superior. [23]

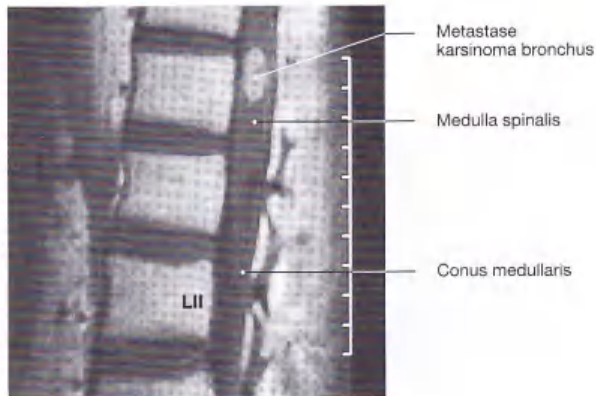
Prolaps diskus ini menyebabkan kompresi Radix nervus spinalis L5 yang terletak satu segmen di bawah; Radix L4 yang terletak lebih medial dan keluar di segmen yang sama tetap tidak terganggu.

Gambar 12.176 Anestesia epidural (peridural) dan anestesia spinal. [23]

Anestetik disuntikkan ke dalam Spatium epidurale (anesthesia epidural atau peridural) untuk menganestesi Nervi spinales tertentu. Jaringan adiposa setempat mencegah agar anestetik tidak mengganggu Segmenta medullae spinalis yang lain.

Berbeda dengan anesthesia epidural, pada **anesthesia spinal** anestetik disuntikkan langsung ke dalam Spatium subarachnoideum. Obat bercampur dengan Liquor cerebrospinalis tetapi, karena gaya gravitasi, tetap berada di bawah titik suntikan (pada pasien yang duduk tegak) dan, karenanya, hanya menganestesi saraf yang terletak di titik suntikan. Pada **pungsi lumbal**, punggung harus ditekuk ke depan secara maksimal dan jarum kemudian dimasukkan di antara Processus spinalis vertebrae lumbales LIII dan LIV atau LIV dan LV. Kemudian, jarum tersebut didorong ke depan perlahan-lahan sampai Dura mater spinalis tertembus dan ujung jarum berada di Spatium subarachnoideum. Di saat ini, Liquor cerebrospinalis bisa diaspirasi guna kepentingan diagnostik atau anestetik bisa diberikan.

Medulla spinalis dan Canalis vertebralis, pencitraan

Gambar 12.177 Pars lumbalis columna vertebralis; *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), T1-*weighted*; potongan median Pars lumbalis dan Pars thoracica (inferior) columna vertebralis. [27]

Batas di antara ujung Medulla spinalis dan tingkat LI/LII dan awal mula Cauda equina, yang hanya sebagian menempati Canalis vertebralis, dapat terlihat jelas.

Gambar 12.178 Mielografi dari transisi lumbosakral; radiograf proyeksi berkas dari lateral. [27]

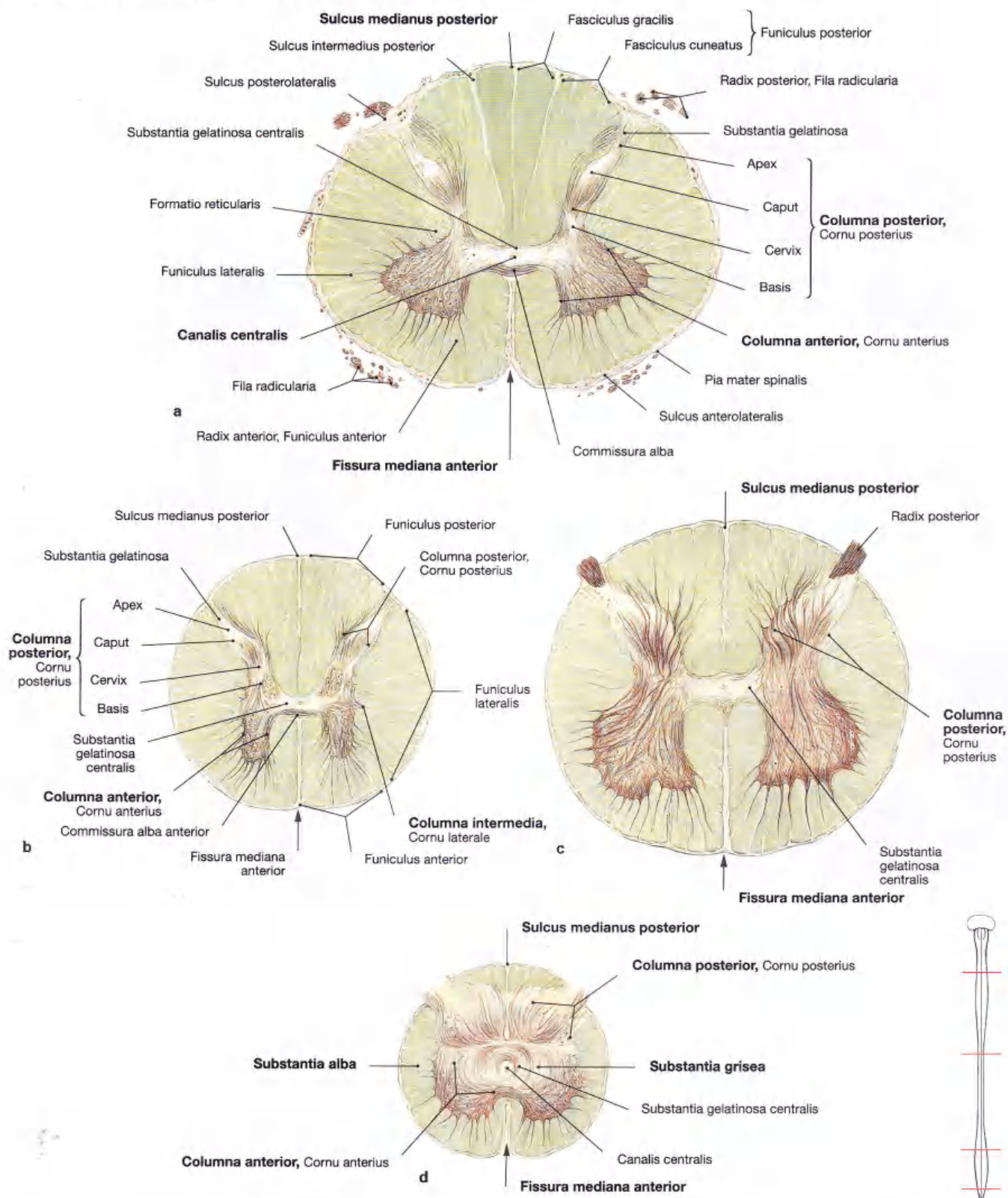
Medium kontras telah disebar di dalam Spatium subarachnoideum. Spatium subarachnoideum berhenti di tingkat Vertebra sacralis SII.

Gambar 12.179 Canalis vertebralis beserta Medulla spinalis; *Magnetic Resonance Imaging* (MRI); potongan median Pars thoracici (inferior) et Pars lumbalis columna vertebralis, paraplegia akibat tumor spinal. [23]
Pada gambaran MRI, tumor tampak sebagai massa putih dengan latar belakang Medulla spinalis. Massa ini merupakan metastasis karsinoma bronkial. Pasien dirawat dengan paraplegia lengkap di ekstremitas bawah dan hilangnya semua fungsi sensorik di bawah dermatom L2.

Gambar 12.180 Spina bifida kistika. [20]
Anak penderita Spina bifida kistika (meningomielokel) di Regio lumbalis.

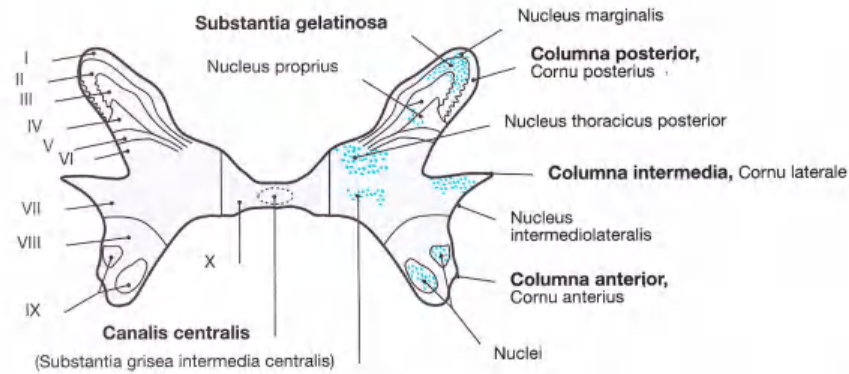
Gambar 12.181 Spina bifida okulta. [20]
Area kulit yang berambut di Regio lumbosacralis merupakan tanda Spina bifida occulta yang nyata.

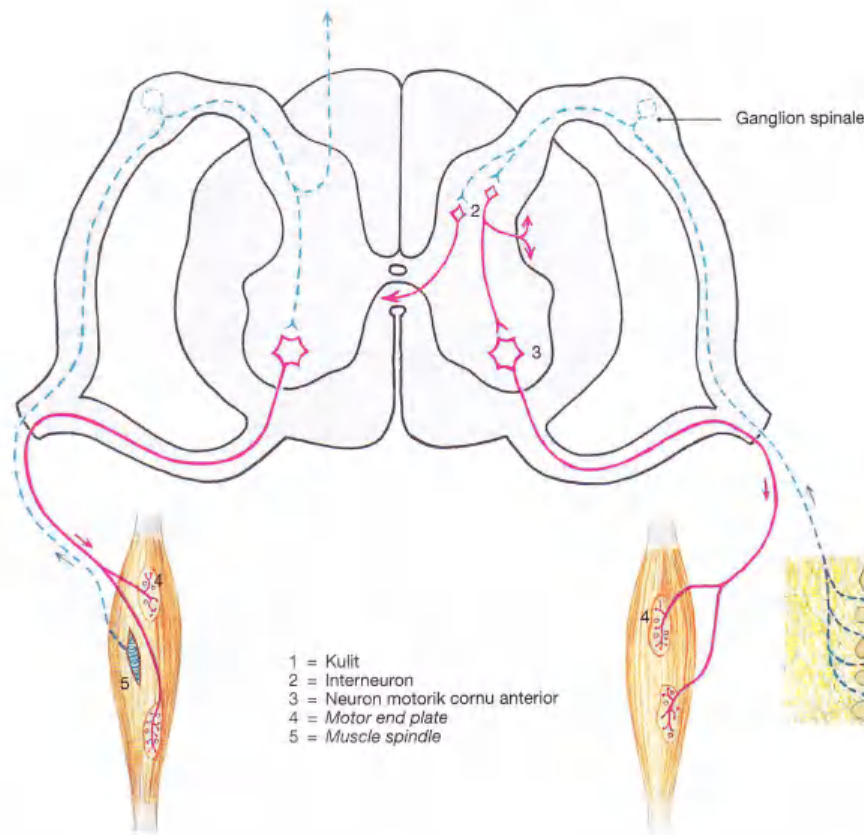
Catatan Klinis

Cedera atau kompresi Medulla spinalis bisa disebabkan oleh tumor intramedular (→ Gambar 12.179) atau ekstramedular, prolaps diskus medialis, spondilofit dorsal, atau cedera traumatik. **Paraplegia lengkap** menyebabkan hilangnya semua kualitas sensasi, fungsi motorik, dan fungsi otonom di bawah lokasi lesi. Pada tahap awal, timbul paralisis *flaccid* di bawah lesi (syok spinal), yang kemudian berubah menjadi paralisis spastik.
Sindrom BROWN-SÉQUARD menggambarkan hemiplegia spinal disertai paresis spastik di bawah lokasi lesi serta gangguan disosiasi fungsi sensor disertai hilangnya sensasi propriosepsi, getaran dan epikritik (jaras dorsal) di lokasi cedera serta hilangnya sensasi nyeri dan suhu di sisi kontralateral (jaras lateral; → Gambar 12.192).
Spina bifida merupakan gangguan kongenital pada penutupan Columna vertebralis dan Medulla spinalis yang disebabkan oleh faktor teratogenik (contoh, alkohol, obat-obatan) atau hilangnya induksi Chorda dorsalis.
Spina bifida occulta (→ Gambar 12.181) hanya menyerang Arcus vertebrae. Dalam kebanyakan kasus, Arcus vertebrae yang tidak berfusi ditemukan di satu atau dua vertebrae dan kulit di atas vertebrae tersebut sering kali ditumbuhi rambut dan lebih banyak mengandung pigmen. Biasanya, penderitanya tidak menunjukkan gejala apapun.
Dalam kasus **Spina bifida kistika** (→ Gambar 12.180), Arcus vertebrae sejumlah vertebrae di dekatnya tidak tertutup; suatu penonjolan Meninges yang menyerupai kista memanjang ke dalam defek (meningokel). Meningomielokel timbul bila kista meningeal mengandung Medulla spinalis dan Nervi spinalis (timbul disertai defisit fungsional).
Spina bifida aperta (rakiskisis, mieloskisis) merupakan bentuk spina bifida yang paling berat disertai gangguan penutupan Plica neuralis yang seharusnya terjadi. Tanpa kulit yang menutupi, lempeng neural yang belum terdiferensiasi dapat terlihat di punggung. Bayi baru lahir yang menderita defek seperti demikian biasanya meninggal tak lama setelah lahir.

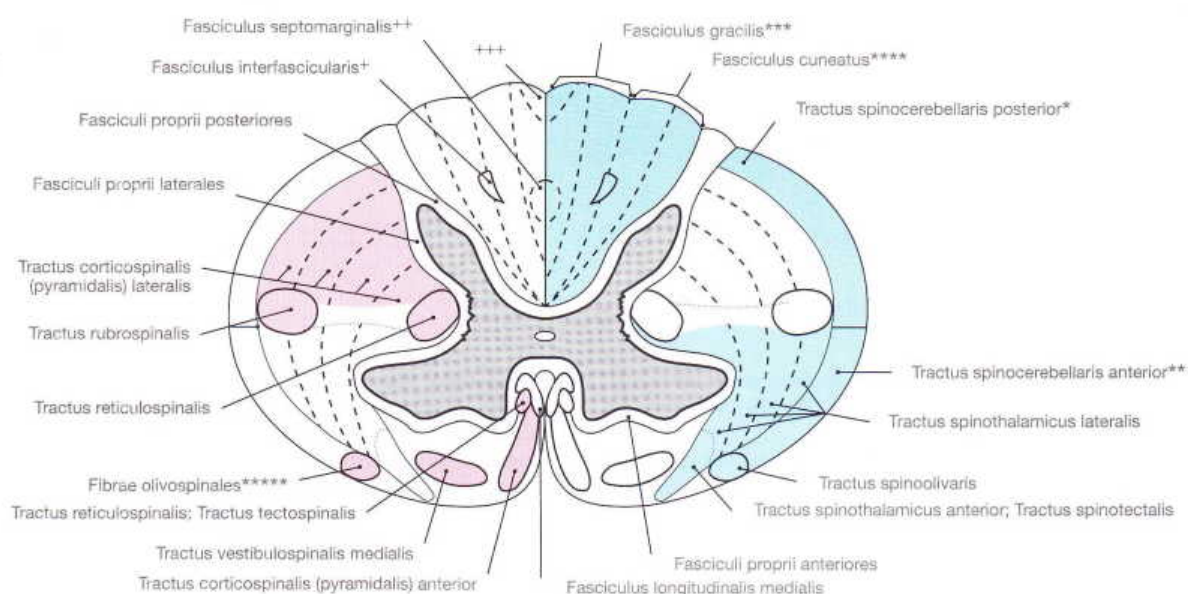
Medulla spinalis, potongan

Gambar 12.182a hingga d Medulla spinalis; potongan melintang; pewarnaan myelin; sekitar 500%.
- **a** Pars cervicalis
- **b** Pars thoracica
- **c** Pars lumbalis
- **d** Pars sacralis

Medulla spinalis memiliki struktur simetris seperti cermin, dan semua Segmenta medullae spinalis **(a-d)** tersusun atas Substantiae grisea et alba. **Substantia grisea** terutama tersusun atas perikarya neuron, berbentuk kupu-kupu pada potongan melintang, dan dikelilingi oleh **Substantia alba**. Substantia alba terutama tersusun atas serabut neuronal dan sel glia serta terbagi menjadi Funiculi. Pusat struktur kupu-kupu mengandung **Canalis centralis**. Meski merupakan bagian dari ruang LCS dalam, Canalis centralis memiliki ujung buntu di kaudal, mencegah sirkulasi Liquor cerebrospinalis.
Sayap kupu-kupu tersebut mewakili **Columnae**: Columna anterior, Columna intermedia, dan Columna posterior. Columnae ini membentuk Cornu anterius, Cornu laterale, dan Cornu posterius. Commissurae griseae (tidak terlihat) menghubungkan Columna intermedia dari kedua sisi.

Organisasi fungsional Medulla spinalis

Gambar 12.183 Medulla spinalis; organisasi laminar Substantia grisea menurut sitoarsitekturnya [menurut REXED, 1952], dicontohkan oleh segmen T10.
Secara histologis (sitoarsitekturalis), Substantia grisea terbagi menjadi sejumlah **Laminae** yang diberi nomor I sampai X dari dorsal ke ventral (luas dan jumlah lapisan berbeda di tiap Segmenta medullae spinalis). Selain itu, dapat terlihat beragam **nuclei**, yang bisa terhampar di lebih dari satu lapis neuronal sitoarsitektural. Struktur Laminae mencerminkan aspek-aspek fungsional.

Cornu posterior (Laminae I-VI: Nucleus thoracicus posterior [columna CLARKE], Nucleus proprius, Substantia gelatinosa) mengandung neuron-neuron relai guna penyampaian asupan sensorik aferen (informasi sensorik dari kulit, informasi proprioseptif, persepsi nyeri dari perifer). **Cornu laterale** (Lamina VII) mengandung neuron-neuron (Nucleus intermediolateralis) guna eferen otonomik. Cornu anterior (Columna anterior, **Cornu anterius**, Laminae VIII, IX) mengandung neuron-neuron eferen (sel Radix somato-eferen) bagi otot-otot.

Gambar 12.184 Refleks-refleks Medulla spinalis.
Medulla spinalis mengandung **sistem yang menghubungkannya dengan pusat-pusat supraspinal** dan **sistem otonom setempat** yang mampu mencetuskan refleks-refleks spinal tanpa perlu asupan dari struktur-struktur neuronal supraspinal. Refleks-refleks spinal, sebagai contoh, penting menjaga tonus otot yang mencukupi di dalam berbagai aktivitas atau guna melindungi rangsang-rangsang berbahaya (contoh, refleks withdrawal dari rangsang yang menyakitkan).

Jenis sambungan dan kompleksitas membedakan dua bentuk **sirkuit refleks:** refleks monosinaptik dan polisinaptik. Pusat-pusat supraspinal bisa memodifikasi refleks-refleks polisinaptik.
Sisi kiri gambar: sirkuit refleks milik refleks monosinaptik, bineuronal, proprioseptif (refleks regang khas seperti refleks sentakan lutut [(patellar)], dll., secara bersama-sama dinamakan refleks tendon dalam atau miotaktik).
Sisi kanan gambar: sirkuit refleks kompleks milik refleks polineuronal (refleks withdrawal atau fleksor khas dicetuskan oleh reseptor-reseptor kulit dan mencakup refleks abdomen, cremaster, refleks telapak kaki, dll.)

Organisasi fungsional Medulla spinalis

Gambar 12.185 Medulla spinalis; skema organisasi Substantia alba, contoh diambil dari segmen servikal bawah.
Jaras aferen (=asendens) diberi warna biru; jaras eferen (=desendens) diberi warna merah.
Regio-regio yang ditandai +, ++, dan +++ menunjukkan jaras kolateral desendens Fasciculi posterior.

* istilah klinis: jaras FLECHSIG
** istilah klinis: jaras GOWERS
*** istilah klinis: jaras GOLLS
**** istilah klinis: jaras BURDACH
***** Keberadaan serabut ini sesungguhnya belum dibuktikan.
\+ jaras comma SCHULTZE (Pars cervicalis)
\+ + berkas oval FLECHSIG (Pars thoracici)
\+ + + trigonum PHILIPPE-GOMBAULT (Pars lumbalis et sacralis)

Refleks Regang yang Penting di Medulla Spinalis [14]

Refleks	Segmentum	Pencetus Refleks	Organ Sasaran	Nervus (aferen dan eferen)
Biceps	C5, C6	Mengetuk tendo Biceps	M. biceps brachii	N. musculocutaneus
Brachioradialis	C5, C6	Mengetuk tendo insertio Brachioradialis atau periosteum	M. brachioradialis, M. brachialis, M. biceps brachii	N. radialis, N. musculocutaneus
Triceps	C6–C8	Mengetuk tendo Triceps	M. triceps brachii	N. radialis
Sentak-lutut (patellar)	L2–L4	Mengetuk Lig. patellae	M. quadriceps femoris	N. femoralis
Sentak-pergelangan kaki (Achilles)	L5–S2	Mengetuk tendo Achilles	M. triceps surae	N. tibialis

Refleks Fleksor yang Penting di Medulla Spinalis [14]

Refleks	Segmentum	Pencetus Refleks	Organ Sasaran	Nervus (aferen)	Nervus (eferen)
Abdomen	T8–T12	Mengusap kulit abdomen	Otot-otot abdomen	Nn. intercostales (T8-T11), N. iliohypogastricus, N. ilioinguinalis	
Cremaster	L1, L2	Mengusap kulit di bagian dalam paha	M. cremaster	R. femoralis dan R. genitalis N. genitofemoralis	
Telapak kaki	S1, S2	Mengusap sisi lateral telapak kaki	Otot-otot fleksor jari kaki (2-5)	Nn. plantares N. tibialis	N. tibialis
Anal	S3–S5	Mengusap Regio anal	M. sphincter ani externus	Nn. acococcygei	N. pudendus

Jaras-jaras Medulla spinalis

Gyrus postcentralis
Gyrus postcentralis
Fibrae thalamoparietales
Fibrae thalamoparietales
Thalamus
Lemniscus medialis
N. trigeminus [V]
Nuclei nervi trigemini
Decussatio lemniscorum
Nucleus cuneatus
Nucleus gracilis
- Tractus spinothalamicus lateralis
- Tractus spinothalamicus anterior
- Tractus spinoreticularis
- Tractus spinotectalis
- Tractus spinoolivaris

(Fasciculus anterolateralis)
Fasciculus gracilis
Fasciculus cuneatus
N. spinalis
Ganglion sensorium nervi spinalis
Nucleus centralis

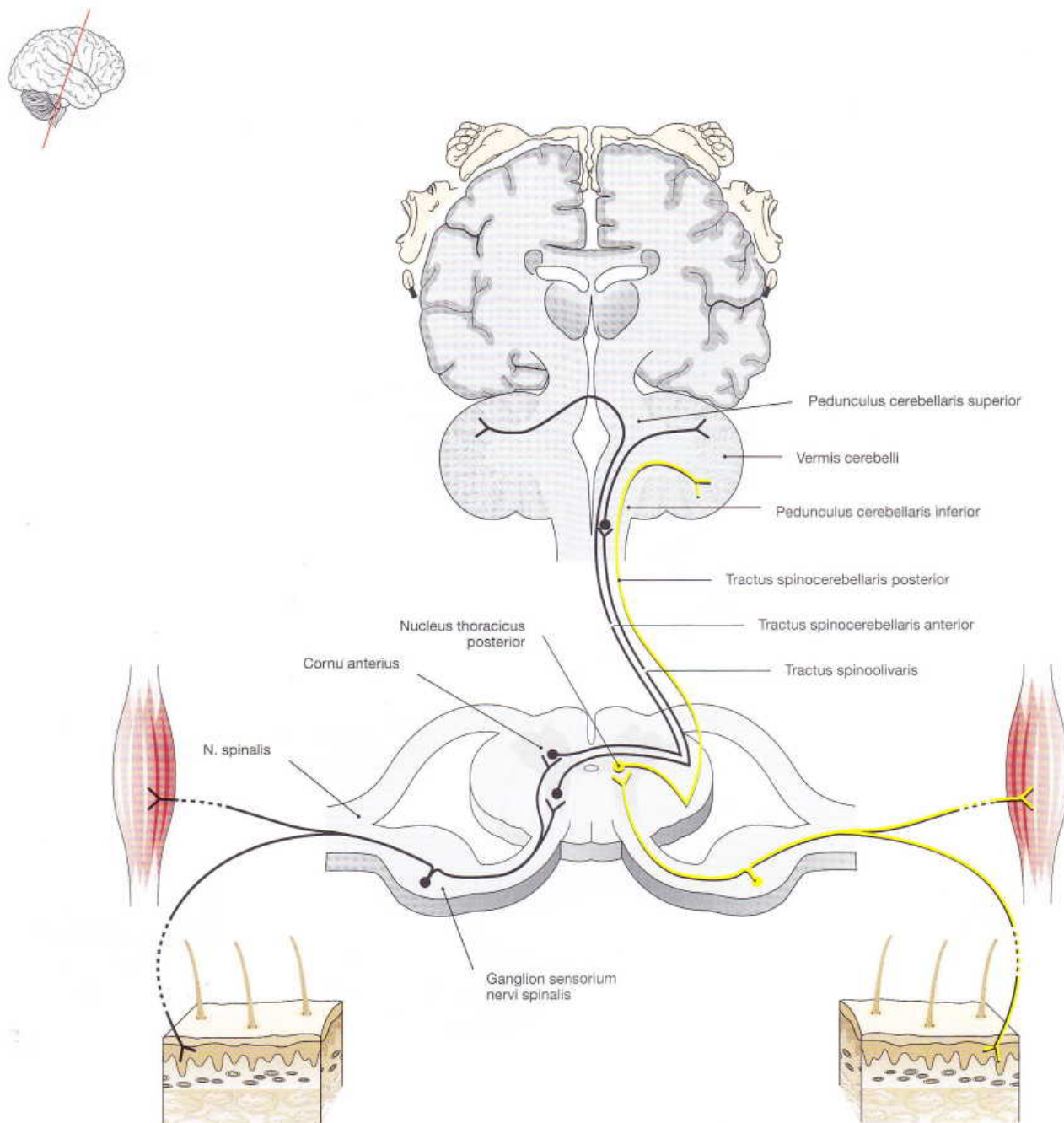
Gambar 12.186 Jaras-jaras sensibilitas epikritik (biru) dan protopatik (hijau) (traktus aferen)

Jaras **sensibilitas epikritik** (jaras sentuh, mengurusi persepsi diferensiasi tekanan dan sentuhan dengan tepat serta propriosepsi):

- **Neuron ke-1** (tidak menyilang): dari reseptor (eksteroreseptor) di kulit dan mukosa, periosteum, sendi dan gelendong otot, dll., menuju Nuclei gracilis et cuneatus di Medulla oblongata melalui Fasciculi gracilis et cuneatus di Funiculus posterior (perikarya di ganglia Medulla spinalis); kolateral desendens tambahan
- **Neuron ke-2** (menyilang): dari Medulla oblongata (Nucleus cuneatus, Nucleus gracilis) menuju Thalamus (Lemniscus medialis, perikarya di Nucleus cuneatus dan Nucleus gracilis)
- **Neuron ke-3** (tidak menyilang): dari Thalamus (Nucleus ventralis posterolateralis) menuju Cortex cerebri, khususnya ke Gyrus postcentralis (serabut talamokortikal, perikarya di Thalamus)

Jaras-jaras **sensibilitas protopatik** (jaras nyeri, mengurusi nyeri, suhu dan sensasi tekanan umum):

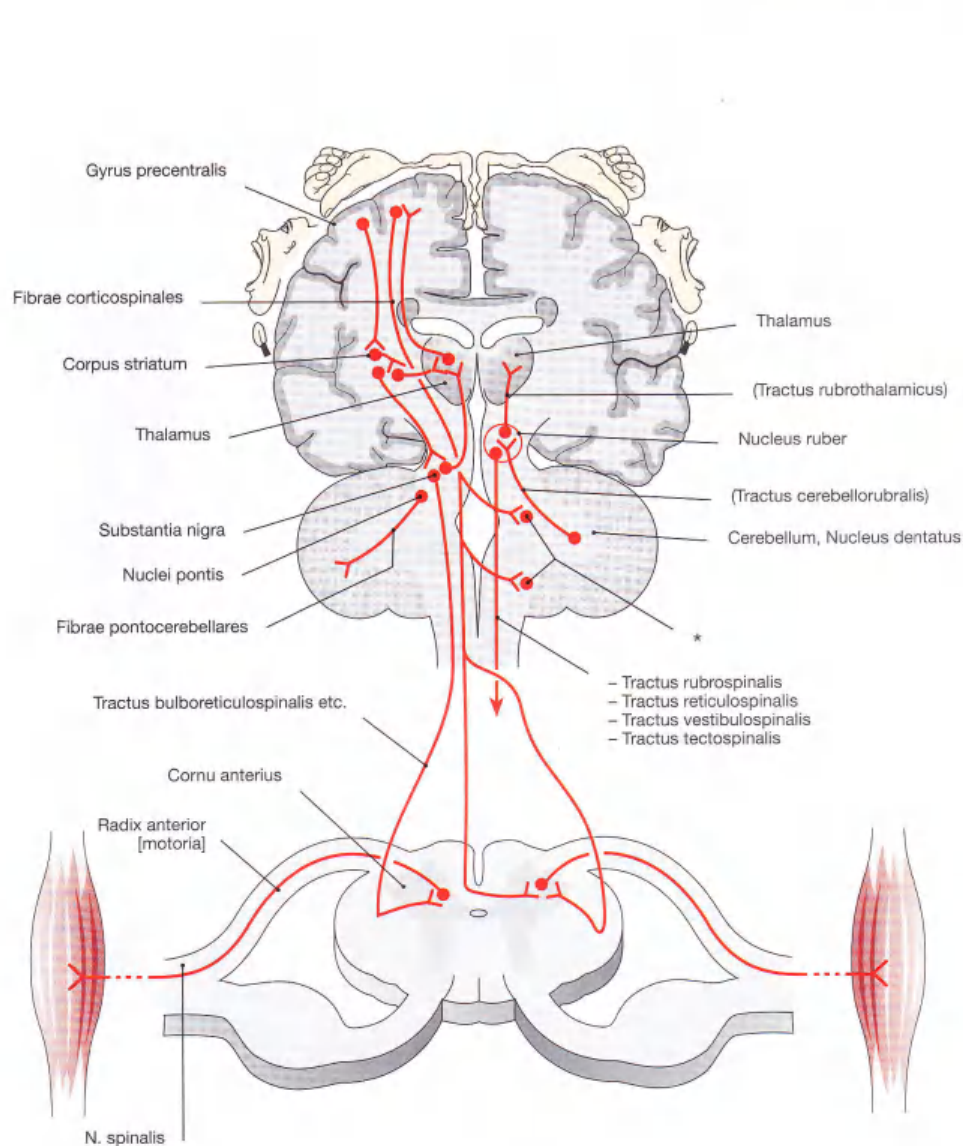
- **Neuron ke-1** (tidak menyilang): dari reseptor (eksteroreseptor) kulit dan mukosa dll., menuju Cornu posterior, Laminae I sampai V (perikarya di Ganglia Radix dorsalis)
- **Neuron ke-2** (menyilang, beberapa serabut kemungkinan tidak menyilang): dari Cornu posterior menuju Thalamus, di dalam Formatio reticularis dan menuju Tectum mesencephali (Tractus spinothalamici anterior et lateralis, Tractus spinoreticularis, Tractus spinotectalis; perikarya di Columna posterior)
- **Neuron ke-3** (tidak menyilang): dari Thalamus di antara lainnya menuju Cortex cerebri, khususnya menuju Gyrus postcentralis (serabut thalamokortikal, perikarya di dalam Thalamus)

Jaras-jaras Medulla spinalis

Gambar 12.187 Jaras-jaras propriosepsi bawah sadar (jaras aferen)
Jaras propriosepsi bawah sadar (tak sadar, tetapi mampu melakukan diferensiasi spasial dengan tepat sebagai prasyarat koordinasi gerakan oleh Cerebellum) melalui **Tractus spinocerebellaris anterior** (hitam):

- **Neuron ke-1** (tidak menyilang): dari reseptor (proprioseptor) di dalam otot, tendo, dan jaringan penyambung menuju nuclei di Zona intermedia dan Columna anterior (perikarya di dalam Ganglia medulla spinalis).
- **Neuron ke-2** (dua kali menyilang): dari Cornu anterior di dalam Tractus spinocerebellaris anterior, yang merupakan anggota jaras anterolateral via Pedunculus cerebellaris superior, menuju Cerebellum (perikarya di dalam zona intermedia dan Cornu anterior).

Jaras propriosepsi bawah sadar melalui **Tractus spinocerebellaris posterior** (kuning):

- **Neuron ke-1** (tidak menyilang): dari organ-organ ujung (proprioseptor) di dalam otot, tendo, dan di dalam jaringan penyambung menuju Nuclei Columna posterior dan menuju Nucleus thoracicus (perikarya di dalam Ganglia radix dorsalis).
- **Neuron ke-2** (tidak menyilang): dari Cornu posterior dan Nucleus thoracicus di dalam Tractus spinocerebellaris posterior, yang merupakan anggota jaras lateral melalui Pedunculus cerebellaris inferior, menuju Cerebellum (perikarya di dalam Nucleus thoracicus dan di dasar Columna posterior).

Jaras-jaras Medulla spinalis

Gambar 12.188 Jaras-jaras sistem motorik (jaras eferen).
Sistem motorik tersusun atas banyak regio-regio nuklear dan jaras. "Jalur motorik akhir" adalah motoneuron. Meski sirkuit-sirkuit ini begitu rumit, pengaturan tradisionalnya akan tetap disajikan demi alasan pembelajaran.

Tractus pyramidalis:

- Neuron [sentral] (menyilang): dari Cortex cerebri melalui Capsula interna dan Pedunculi cerebellares menuju interneuron di dalam Columnae anterior et posterior (Tractus corticospinalis lateralis, Tractus corticospinalies anterior, perikarya di dalam Gyrus precentralis).
- Neuron [perifer] (jalur motorik akhir, α-motoneuron): dari Cornu anterior menuju lempeng motorik akhir di otot-otot rangka (motoneuron, perikarya di Cornu anterior).

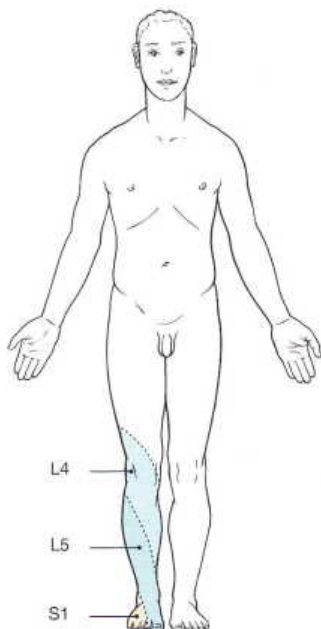
Nervi craniales:

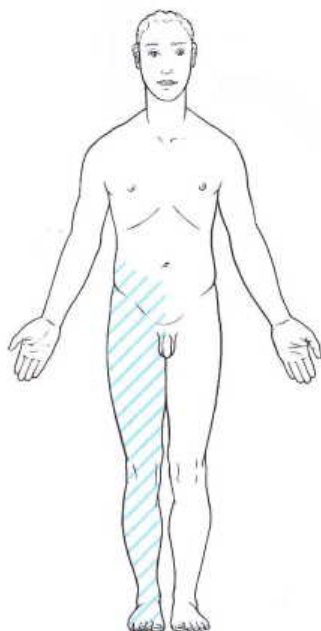
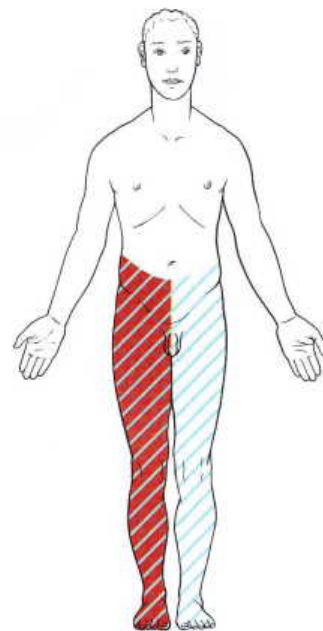
- Dari Tractus corticospinalis anterior, yang merupakan anggota Tractus pyramidalis, mengeluarkan cabang untuk Nuclei nervi craniales (Fibrae corticonucleares dan Fibrae corticonucleares bulbi).

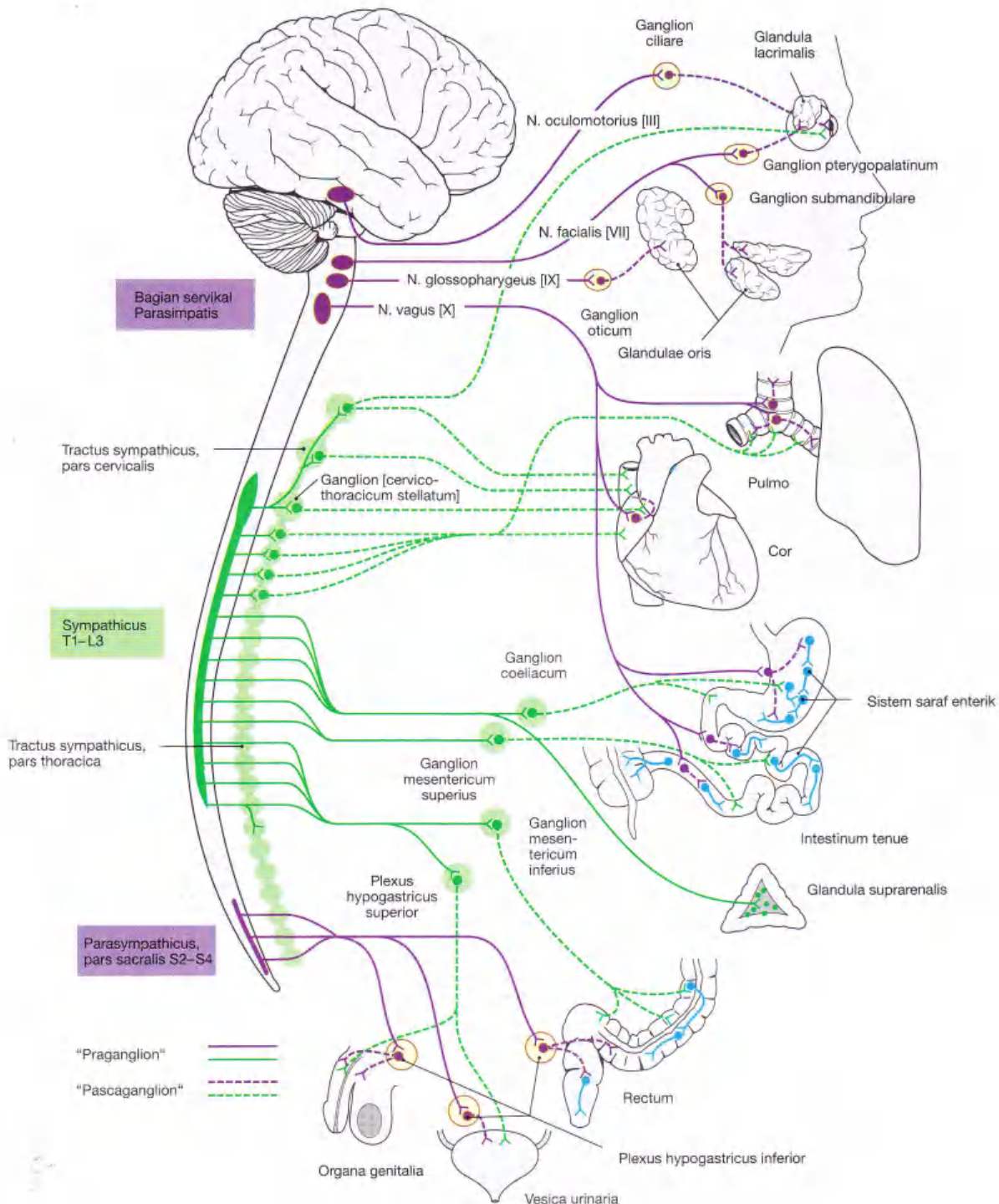
Sistem motor ekstrapiramidal:

- Neuron sentral: (menyilang dan tidak menyilang): dari Cortex cerebri, khususnya Gyrus precentralis dan area kortikal anterior di sekitar termasuk sinaps-sinaps ke Ganglia basalis, Thalamus, Nucleus subthalamicus, Nucleus ruber, Substantia nigra, Cerebellum, dll. Dan gelung umpan balik ke interneuron Columna anterior (Tractus rubrospinalis, Tractus reticulospinalis, Tractus vestibulospinales mediales et lateralis, Tractus tectospinalis).
- Neuron perifer (jalur akhir motorik, α-motoneuron): dari Cornu anterior *motor end plate* otot-otot rangka (motoneuron, perikarya di dalam Cornu anterior).

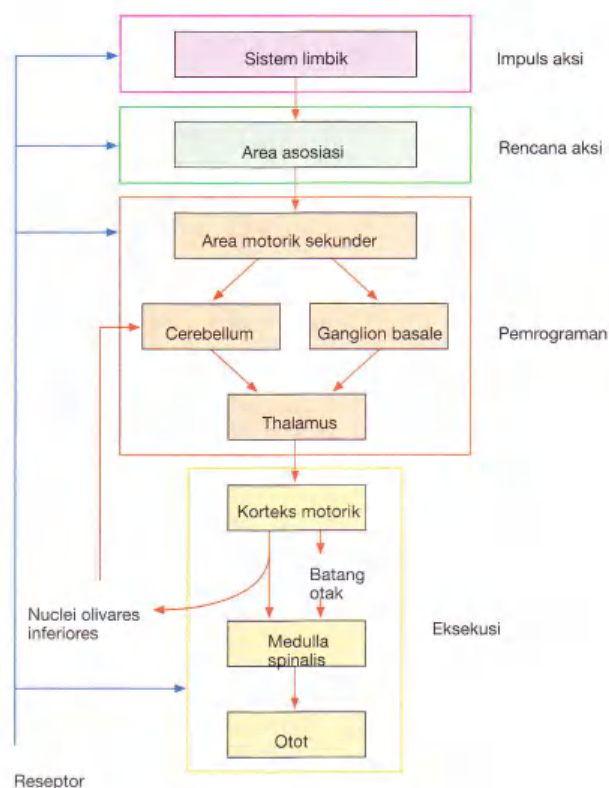
* Nuclei motor nervi craniales

Jaras-jaras Medulla spinalis, Klinik

Gambar 12.189 Disfungsi persarafan kulit akibat kelumpuhan Nervi spinales tertentu yang sering terganggu.
Prolaps diskus sering kali mengganggu Nervi spinales L4, L5 dan S1.

Gambar 12.190 Paraplegia lengkap di tingkat T11.
Paralisis seluruh sistem motorik dan sensorik di area yang diarsir.

Gambar 12.191 Paralisis jaras Funiculus posterior dextra di T11.
Hilangnya sensasi raba halus serta hilangnya sensasi postur tubuh dan getar (sensasi sentuh kasar tetap berfungsi normal).

Gambar 12.192 Hemiplegia (BROWN-SÉQUARD) akibat gangguan Medulla spinalis sisi kanan hemilateral di tingkat T11.
Di sisi kanan (ipsilateral): hilangnya fungsi motorik (awalnya layuh, kemudian spastik); hilangnya sensasi raba diskriminatif halus serta hilangnya sensasi postural dan getar (sensasi sentuh kasar tetap berfungsi normal). Di sisi kiri (kontralateral): hilangnya sensasi nyeri dan suhu (→ Gambar 12.186).

Sistem saraf otonom, tinjauan fungsional

Gambar 12.193 Sistem saraf otonom (Sympathicus dan Parasympathicus). [22]
Sistem saraf otonom tersusun atas sistem saraf simpatik (hijau), parasimpatik (ungu), dan sistem saraf enterik (biru).
Neuron **Sympathicus** terletak di Cornu intermediolateralis di Pars toracolumbaris medulla spinalis. Aksonnya terproyeksi ke rantai simpatik ganglia dan ke ganglia sistem enterik. Di tempat ini, akson tersebut bersinaps dengan neuron pascaganglionik yang terproyeksi ke organ sasaran. Aktivas simpatik berperan memobilisasi tubuh dalam kasus gawat-darurat. Medulla adrenalis merupakan bagian dari sistem simpatik dan menyekresi adrenalin dan noradrenalin.
Area nuklear **Parasympathicus** terletak di Truncus encephali dan Pars sacralis medulla spinalis. Aksonnya terproyeksi ke ganglia di dekat organ sasaran yang terletak di kepala, dada, dan Cavitas abdominis. Di tempat ini terjadi persinapsan dengan neuron pascaganglionik, yang mencapai organ sasaran melalui akson yang pendek. Sistem parasimpatik berperan penting dalam asupan makanan dan pencernaan, hasrat seksual, dan melawan sistem parasimpatik. **Sistem saraf enterik** mengatur aktivitas pencernaan dan dimodulasi oleh pengaruh simpatik dan parasimpatik.

Sistem motor sentral

Komponen-komponen Sistem Motor dan Fungsinya [14]	
Komponen	**Fungsi**
Medulla spinalis	• Pelaksanaan fungsi dasar secara otonom (refleks regang dan fleksor) → sistem dasar spinal • Organ sasaran untuk menjalankan perintah motor supraspinal
Pusat-pusat di Truncus encephali (contoh, Nucleus ruber, Formatio reticularis, Complexus olivaris inferior, Nuclei pontis)	• Khususnya pengaturan motor bawah sadar yang mengatur postur dan gaya berjalan serta koordinasi gerakan (→ urutan gerakan sadar secara teratur) melalui berbagai nuklear • Berperan dalam pengaturan gerakan sadar secara halus • Pusat-pusat pengaturan motorik gerakan mata
Cerebellum	• Mengendalikan keseimbangan • Mengendalikan posisi berdiri tubuh dan gerakan yang akurat • Koordinasi dan pengaturan waktu gerakan yang akurat (modulasi dan penghalusan)
Ganglia basalis (Striatum, Pallidum, Nucleus subthalamicus dan Substantia nigra)	• Memprogram gerakan akurat (modulasi dan penghalusan)
Daerah korteks motorik dan Tractus pyramidalis	• Memulai strategi dan program gerakan melalui area asosiasi dan area korteks motorik sekunder • Pelaksanaan gerakan sadar melalui korteks motor prasentral (korteks motorik → Tractus pyramidalis → Medulla spinalis

Gambar 12.194 Skema sederhana yang menggambarkan organisasi sistem somatomotorik. [14]
Asumsi yang beredar saat ini adalah bahwa **motivasi** aktivitas motor dari dalam (impuls aksi motorik awal) dimulai di sistem limbik. Dari tempat ini, impuls mencapai area asosiasi (misalnya, di korteks prafrontal) dan **rencana kerja strategik** untuk gerakan ini pun tercipta. Pewujudannya memerlukan peran area motorik sekunder, yang akan merencanakan secara rinci gerakan yang diinginkan dan menghaluskan program gerakan tersebut melalui umpan balik dari Cerebellum dan Ganglia basalis. Setelah **fase perencanaan** dari gerakan yang diinginkan selesai, program gerakan yang telah dimodulasi kemudian disampaikan ke Thalamus dan dari tempat ini menuju area motorik, khususnya di Korteks motorik yang mengeluarkan sinyal mengenai awal **fase eksekusi.** Tractus pyramidalis berasal di korteks motorik dan terproyeksi ke dalam Medulla spinalis, tempat informasi akan mencapai otot. Nuclei olivares inferiores dan Cerebellum menerima salinan program pergerakan guna memicu modulasi dan/atau koreksi terhadap aksi motorik dalam waktu yang tepat. Selain itu, terdapat lengkung umpan balik sensorik yang begitu luas di antara sistem reseptor perifer dan semua struktur yang terlibat dalam program pergerakan untuk memastikan aksi motorik berjalan mulus.